

ANDRÉ SANTOS RIBEIRO COELHO
MATRÍCULA: 20949958

**LIGHT STEEL FRAME - RECOMENDAÇÕES DE PROJETO,
PROCESSO CONSTRUTIVO E DETALHES
ORÇAMENTARIOS.**

Brasília
2014

ANDRÉ SANTOS RIBEIRO COELHO

**LIGHT STEEL FRAME - RECOMENDAÇÕES DE PROJETO,
PROCESSO CONSTRUTIVO E DETALHES ORÇAMENTARIOS.**

Trabalho de Curso (TC) apresentado
como um dos requisitos para a
conclusão do curso de Engenharia
Civil do UniCEUB - Centro
Universitário de Brasília

Orientador: Eng.^a Civil William
Oliveira Bessa

**Brasília
2014**

ANDRÉ SANTOS RIBEIRO COELHO

**LIGHT STEEL FRAME - RECOMENDAÇÕES DE PROJETO,
PROCESSO CONSTRUTIVO E DETALHES ORÇAMENTARIOS.**

Trabalho de Curso (TC)
apresentado como um dos
requisitos para a conclusão do
curso de Engenharia Civil do
UniCEUB - Centro Universitário
de Brasília

Orientador: Eng.^a Civil William
Oliveira Bessa

Brasília, 18 de Junho de 2014.

Banca Examinadora

Eng. Civil: William Oliveira Bessa
Orientador

Arq.: Marcos Henrique Ritter de Gregório
Examinador Interno

Arq.: Sérgio Ferreira de Ramalho
Examinador Externo

Agradecimentos

À minha querida Mãe, Graça Maria pelo, carinho, aprendizado, educação e principalmente pela vida, mas não só pela minha, mas pela dela que foi inteiramente dedicada aos seus filhos.

Ao professor William Bessa, pela confiança no meu trabalho, pelas orientações sabias e pelo incentivo.

Ao meu chefe, amigo e orientador Rutherford, que restaurou minha fé pela engenharia, que me ensinou construir de maneira inteligente e cedeu gentilmente diversas imagens e informações de sua empresa.

Ao Eng. e amigo Mauro Gilberto e sua mulher Clarice que deram forças a minha família nos momentos difíceis e por ter aberto as portas da empresa onde é Diretor para me acolher, em uma fase do curso em que não sabia absolutamente nada, esta oportunidade valeu muitos aprendizados e todas as outras experiências profissionais.

Ao meu Pai Jorge Antônio (*i. m.*), que infelizmente nos deixou em corpo, mas a certeza que em espírito continua sempre ao nosso lado, nos amando como sempre o fez.

À minha sempre estressada, amiga, companheira e irmã Aline Santos, pela infinita paciência que tem em me aguentar e pelo prazer de em um futuro próximo tê-la como companheira de profissão.

À minha segunda mãe ou irmã ou tia, Geovanete de Oliveira, difícil definir, mas pior ainda ficar sem, por todo apoio e incentivo, afinal lá atrás nos primeiros passos, ainda na época de cursinho, tudo só aconteceu por sua causa.

À minha irmã mais velha e sua família por todo acolhimento nos momentos de descanso e pelo carinho.

Ao meu grande amigo João Pedro Santos, que foi o quem me ouviu reclamar da engenharia por várias vezes, que foi quem me apresentou ao sistema tratado neste e pelas várias noites de trabalhos inacabáveis juntos.

Ao meu amigo, Rafael Campos, pelas noites infindáveis estudando, pelos excelentes trabalhos feitos na madrugada, pelos feriados e finais de semana estudando e pela amizade sempre voluntária e sincera, mesmo que muitas vezes sincera demais.

Aos Colegas de turma pela experiência de vida sofrida e maravilhosa.

A todos que de alguma forma contribuíram para este trabalho, para minha jornada profissional e pessoal.

RESUMO

Devido à grande demanda por habitações, a crescente busca por qualidade, velocidade e redução de custos, o Sistema Light Steel Frame (LSF) tem ganhado espaço no mercado de construção brasileiro, mesmo com a grande resistência cultural por construções em aço e paredes de gesso.

Os projetos em LSF possuem algumas características e detalhes específicos que devem ser considerados, principalmente devidos a interferências entre cada uma das faculdades de projeto.

Nos sistemas estruturais em LSF, deve-se conhecer bem cada etapa construtiva da obra, além das características específicas dos materiais empregados, de forma a proporcionar melhor precisão do orçamento e planejamento da obra.

Além disso, os sistemas estruturais em LSF têm um forte caráter ambiental, isso porque, na maioria dos casos segue uma filosofia construtiva alinhada com o conceito de construção energeticamente sustentável (CES).

Neste trabalho, apresentam-se as principais recomendações técnicas para todas as disciplinas de projetos voltados para a construção em LSF, além da análise e do desenvolvimento de todas as etapas construtivas, materiais empregados, planejamento de obra e detalhes construtivos. Também foi desenvolvido composições unitárias de preço para orçamento, e um estudo comparativo de custos de residências unifamiliares em LSF e em estrutura em concreto armado com alvenaria de vedação.

Palavras chaves: Light Steel Frame, OSB, PLYWOOD, construção sustentável.

ABSTRACT

Due to the large demand for housing, the growing quest for quality, speed and cost savings, the System Light Steel Frame (LSF) has gained space in the Brazilian construction market, even with the great cultural resistance steel constructions and plaster walls .

Projects in LSF there are some specific features and details that should be considered, mainly due to interference between each of the schools project.

In structural systems, LSF should know well each construction stage of the project, in addition to the specific characteristics of the materials, in order to provide a better accuracy of the budget and planning the work.

Moreover, the structural systems in LSF has a strong environmental character, because, in most cases follows a line with the concept of sustainable construction energetically (CES) constructive philosophy.

In this paper, we present the main technical recommendations for all disciplines of projects for construction in LSF, and analysis and development of all construction stages, materials used, planning work and construction details. Was also developed unit compositions price for budget, and a comparative cost study of single-family homes in LSF and structure in reinforced concrete with masonry fence.

Key words: Light Steel Frame, LSF, OSB, PLYWOOD, CES, sustainable construction

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - THE GOOD HOUSEKEEPING STRAN-STEEL HOUSE.....	21
FIGURA 2 - TRUSSTEEL	22
FIGURA 3 - FLAMBAGEM LOCAL E DISTORCIONAL.....	26
FIGURA 4 - PARAFUSO AUTOBROCANTE CABEÇA SEXTAVADA ZINCADO	28
FIGURA 5 - ARRANCAMENTO DE CHUMBADOR	29
FIGURA 6 - OSB HOME PLUS 11,1MM	30
FIGURA 7 - PLYWOOD ESTRUTURAL 12,5 MM	31
FIGURA 8 - PARAFUSO AUTOBROCANTE COM ALETA ZINCADO	32
FIGURA 9 - PARAFUSO AUTOBROCANTE SEM ALETA ZINCADO.....	32
FIGURA 10 - MEMBRANA DE VAPOR FACE EXTERNA E INTERNA RESPECTIVAMENTE ...	33
FIGURA 11 - CRUPE SYSTEM PROJEÇÃO DE ARGAMASSA SOBRE ESTRUTURA EM LSF	34
FIGURA 12 - EQUIPE DE MONTAGEM DE ESTRUTURA EM MESA ERGOMETRICA E COM MÃO DE OBRA FEMININA	36
FIGURA 13 - PROJETO EM BIM.....	37
FIGURA 14 - MONTANTES EM LSF MUITO PRÓXIMO, PELA FALTA DE PAGINAÇÃO	38
FIGURA 15 - PINOS FIXADOS COM PISTOLA DE PÓLVORA PARA FIXAÇÃO PROVISÓRIA DA ESTRUTURA	40
FIGURA 16 - ARGAMASSA PROJETADA - SISTEMA CRUPE	41
FIGURA 17 - PLYWOOD E SUA RESISTÊNCIA MECÂNICA.....	42
FIGURA 18 – CONTRAVENTAMENTOS COM TRELIÇAS E OSB.....	42
FIGURA 19 - ENCONTRO DE TRELIÇAS FEITO COM DETALHE GENÉRICO.	44
FIGURA 20 - CAIXA ACOPLADA EMBUTIDA EM BANCADA TÉCNICA	45
FIGURA 21 - INSTALAÇÕES EMBUTIDAS NA FUNDAÇÃO	46
FIGURA 22 - LAJE COM TRELIÇAS COBERTAS COM OSB	47
23 FIGURA - INSTALAÇÕES DE ESGOTO SUSPENSAS EM PERFIS C	48
FIGURA 24 - INSTALAÇÃO HIDRÁULICA EM PEX EM ESTRUTURA EM LSF	49
FIGURA 25 - ENCAMINHAMENTO DAS INSTALAÇÕES POR SOBRE O FORRO	49
FIGURA 26 - AMOSTRA PRIMEIROS PERFIS DE LSF NO BRASIL	54
FIGURA 27 - REBAIXO PARA REBITES EM ESTRUTURA EM LSF.....	54
FIGURA 28 - PAINÉIS DE PAREDES AUTO PORTANTES EM ESTRUTURA DE LSF	55
FIGURA 29 - LAJE EM STEEL DECK	56
FIGURA 30 - LAJE EM OSB	57
FIGURA 31 - AMOSTRA PAINEL WALL.....	57
FIGURA 32 - TRELIÇAS E TESOURA DO TELHADO	58
FIGURA 33 - TELHADO SHINGLE	59
FIGURA 34 - PAINEL DO TELHADO	60
FIGURA 35 - INSTALAÇÃO ELÉTRICA	63
FIGURA 36 - MONTAGEM DE PAINÉIS EM LSF	66
FIGURA 37 - ELEVAÇÃO DO PAINEL PARA FIXAÇÃO	67
FIGURA 38 - NIVELAMENTO DE PAINEL EM LSF PARA FIXAÇÃO	68

FIGURA 39 – ENCONTRO DE TESOURA COM PAINEL DE PAREDE DE CANTO	69
FIGURA 40- ENCONTRO DE TRÊS TESOURAS	69
FIGURA 41 - ESPECIFICAÇÃO DE PARAFUSOS	70
FIGURA 42 - PAREDE EM GESSO ACARTONADO.....	71
FIGURA 43 - CHAPEAMENTO EM OSB VISTO DE DENTRO	72
FIGURA 44 - CHAPEAMENTO CIMENTICIO COBRINDO MEMBRANA DE VAPOR	72
FIGURA 45 - TRATAMENTO DE PLACAS CIMENTICIAS BRASILIT	73
FIGURA 46 - TRATAMENTO DE PLACAS PROFORT SISTEMA BASE COAT.....	74

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - TABELAS DE PERFIS DOBRADOS A FRIO	19
TABELA 2 – PRINCIPAIS TRABALHOS.....	23
TABELA 3 - CONFIGURAÇÃO DE FECHAMENTO DE PAREDES EXTERNAS	61
TABELA 4 - CONFIGURAÇÃO DE FECHAMENTO DE PAREDES INTERNAS	62
TABELA 5 - CRONOGRAMA FISICO-FINANCEIRO EXPANSÃO EM LSF, ÁREA 197M ²	65
TABELA 6 - CPU - PAREDES AUTO-PORTANTES - 1º PAVIMENTO.....	75
TABELA 7 - CPU - PAREDES AUTO-PORTANTES - 2º PAVIMENTO E DEMAIS	76
TABELA 8 - CPU - LAJE DE ENTREPISO COM TRELIÇAS EM LSF	76
TABELA 9 - CPU - PISO OSB 18,3 MM P&B.....	77
TABELA 10 - CPU - TRELIÇAS EM LSF PARA TELHADO	77
TABELA 11 - CPU - TESOURA PARA TELHADO EM LSF	78
TABELA 12 - CPU - PAINEIS PARA TELHADO EM LSF	78
TABELA 13 - CPU - CHAPEAMENTO DE GESSO ACARTONADO STANDARD SOBRE PAREDES EM LSF	79
TABELA 14 - CPU - CHAPEAMENTO DE GESSO ACARTONADO RU SOBRE PAREDES EM LSF	79
TABELA 15 - CPU - CHAPEAMENTO OSB 11,1 MM PAREDE EXTERNA.....	80
TABELA 16 - CPU - CHAPEAMENTO OSB 9,0 MM PAREDE INTERNAS	80
TABELA 17 - CPU - CHAPEAMENTO DE PLACA CIMENTICIA 8MM	81
TABELA 18 - CUSTO DE CONSTRUÇÃO EM LSF EMPRESA ZÁRYA ARQUITETURA E ENGENHARIA	82
TABELA 19 - CUB/M ² DO DF	82
TABELA 20 - CUB/M ² DO DF COM BDI DE 25%	83

ÍNDICE DE ABREVIACÕES

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR - Norma Brasileira

LSF - Light Steel Frame

OSB - Oriented Strand Board

CES - Construção Energeticamente Sustentável

AISI - American Iron and Steel Institute

ASTM - American Society for Testing and Materials

BIM - Building Information Modeling

CFTV - Circuito Fechado de Televisão

SPDA - Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

CPU - Composição Unitária de Preço

CUB - Custo Unitário Básico

ST . - Standard

RU - Resistente a Umidade

BDI - Benefícios e Despesas Indiretas

PEX – Polietileno reticulado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3. METODOLOGIA	18
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4.1. Light Steel Frame	19
4.1.1. Perfis de Aço, Composição e Normatização	19
4.2. Histórico	20
4.3. Esforços, Reações e Detalhes Estruturais	24
4.3.1. Esforços Concentrados	24
4.3.2. Esforços Distribuídos	24
4.4. Empenamento e Distorção da Seção Transversal	25
4.5. Corrosão eletrolítica de perfis com proteção galvânica	26
4.6. Ligações	28
4.6.1. Ligações Utilizando Parafusos Autobrocantes	28
4.6.2. Arrancamento	28
4.7. Fechamentos	29
4.7.1. Oriented Strand Board - OSB	29
4.7.2. Plywood	30
4.7.3. Placa Cimentícia	31
4.7.4. Membrana de Vapor	33
4.7.5. Argamassa Projetada	33
4.8. Construção energeticamente sustentável - CES	34
4.9. Responsabilidade Ambiental	35
4.10. Responsabilidade Social	36
5. PROJETOS	37
5.1. Projetos Arquitetônicos	38
5.2. Projeto de Fundação	39
5.3. Projeto Estrutural	40

5.4.	Projeto de Instalações	44
5.4.1.	Projeto de Instalações Sanitárias	45
5.4.2.	Projeto de Instalações Hidráulicas	48
5.4.3.	Projeto de Instalações Elétricas	49
6.	ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO	50
6.1.	Etapas Construtivas Sistema LSF	51
6.1.1.	Serviços Preliminares	51
6.1.2.	Equipe	51
6.1.3.	Equipamentos	52
6.1.4.	Movimento de Terra	52
6.1.5.	Fundação	52
6.1.6.	Estrutura em LSF	53
6.1.6.1.	Paredes Autoportantes	55
6.1.6.2.	Laje	56
6.1.6.3.	Treliças e Tesouras do Telhado	58
6.1.6.4.	Painéis do Telhado	58
6.1.7.	Chapeamento de Paredes	60
6.1.8.	Cobertura	62
6.1.9.	Instalações Elétricas, CFTV, SPDA, Voz e Dados	62
6.1.10.	Instalações Sanitárias	63
6.1.11.	Instalações Hidráulicas	63
6.1.12.	Acabamento	64
6.2.	Planejamento	64
7.	DETALHES CONSTRUTIVOS	66
7.1.	Montagem da Estrutura	66
7.2.	Fixação da Estrutura	67
7.4.	Chapeamento de Gesso	70
7.5.	Chapeamento de OSB OU PLYWOOD	71
7.6.	Chapeamento de Placas Cimentícias	73
8.0.	COMPOSIÇÃO UNITÁRIA DE PREÇO	75
8.1.	PAREDES AUTO-PORTANTES	75
8.2.	Laje	76
8.3.	Treliças e tesouras do telhado	77
8.4.	PAINEIS DO TELHADO	78

8.5.	CHAPEAMENTO DE PAREDES DE GESSO.....	79
8.6.	CHAPEAMENTO OSB.....	80
8.7.	CHAPEAMENTO PLACAS CIMENTÍCIAS.....	81
9.0.	COMPARAÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS BÁSICO	82
10.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	84
11.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

1. INTRODUÇÃO

Na construção Light Steel Frame é cada vez mais empregada nos países desenvolvidos, especialmente nos Estados Unidos, onde as primeiras normatizações foram publicadas na década de 40 do século passado.

Nos projetos em LSF, existem considerações que devem ser tomadas desde o estudo preliminar até a conclusão de todas as modalidades, inclusive as respectivas interferências.

Para tornar viável a aplicação deste sistema estrutural, é de extrema importância a resolução de todos os conflitos e considerações na fase de projeto. Afinal, por ser um sistema onde parte da construção é constituído por módulos pré-fabricados e materiais especiais, torna-se extremamente moroso e caro resolver tais questões no canteiro de obras.

Além disso, as obras em LSF tendem a se tornar mais onerosas e demoradas, caso não sejam realizados orçamentos com o completo entendimento de todas as etapas construtivas, planejamento executivo perfeitamente alinhado com o cronograma de compras e entregas de insumos na obra. Neste sistema estrutural, a mão de obra e os materiais possuem maiores valores unitários quando comparados aos sistemas estruturais convencionais.

Neste trabalho, apresentam-se as principais recomendações para todas as disciplinas de projetos voltados para a construção em LSF, além da análise e do desenvolvimento de todas as etapas construtivas, materiais empregados, planejamento de obra e detalhes construtivos.

Além disso, será apresentado as composições unitárias de preço e planejamento de obras específicas deste sistema. Essas composições e planejamento foram desenvolvidos em conjunto com a empresa Zárya Arquitetura e Engenharia, no período de Julho a Novembro de 2013, sob a supervisão do Eng. Civil Rutherford Ocampo, cedida para a elaboração deste trabalho.

Além disso, os sistemas construtivos em LSF traz inúmeras vantagens ambientais, tais como menor consumo de água, menor emissão de partículas e

ruídos. Acrescenta-se a isso, a possibilidade de melhor inclusão de deficientes físicos e mulheres dentre as várias etapas construtivas, por apresentar vantagens tais como melhor ergometria e menor esforço mecânico dos operários.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Apresentar e desenvolver os aspectos relacionados a projeto, planejamento, execução e custos de edificações em LSF.

2.2 Objetivos Específicos

- Conhecer todas as etapas construtivas do sistema LSF, identificando semelhanças e diferenças em relação aos sistemas estruturais convencionais;
- Identificar diferenças e cuidados necessários em cada uma das tipologias de projeto;
- Conhecer detalhes construtivos exclusivos do sistema;
- Desenvolver composições unitárias de preço para orçamento;
- Realizar um estudo comparativo de custo de residências unifamiliares em LSF e em estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação;
- Identificar as vantagens socioambientais dos sistemas em LSF.

3. METODOLOGIA

A metodologia do trabalho consistiu nas seguintes etapas:

- Revisão Bibliográfica, consubstanciada a partir da pesquisa dos principais trabalhos e características específicas dos sistemas construtivos em Light Steel Frame.
- Análise e apresentação dos principais elementos construtivos e recomendações de projeto, com base no acompanhamento da execução de projetos de arquitetura, fundação, estrutura e instalações, além de detalhes específicos.
- Elaboração de orçamento, com base no acompanhamento de obras e elaboração da composição unitária de preços para serviços específicos em LSF;
- Comparação de custos de residências unifamiliares em LSF com sistemas estruturais em concreto armado

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Light Steel Frame

O sistema construtivo em Light Steel Frame é composto por uma estrutura de painéis de aço estruturais, formados a frio, com distribuição uniforme dos esforços, reduzido peso específico, alta produtividade e possibilidade de redução de custo com a padronização das edificações.

4.1.1. Perfis de Aço, Composição e Normatização

Além da distribuição dos perfis pelas paredes, é necessário dimensionar as características físicas de cada um dos perfis. A análise estrutural deve considerar as solicitações, mas também a influência de cada elemento na estrutura como um todo. A tabela 1 abaixo mostra os perfis normatizados pela NBR 15253 / 2005.

Fonte: NBR Tabela 1 - Tabelas de perfis dobrados a frio 15253 (2005).

Perfil	Dimensões						Eixo X					Eixo Y					
U	m kg/m	A cm ²	b _w mm	b _t mm	t _h mm	r _l mm	I _x cm ⁴	W _x cm ³	r _x cm	x _g cm	x ₀ cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	r _y cm	I _t cm ⁴	C _w cm ⁶	r ₀ cm
92 x 38 x 0,95	1,18	1,51	92	38	0,95	0,95	18,95	4,12	3,55	0,90	2,19	2,12	2,35	1,19	0,0042	31,09	4,33
92 x 38 x 1,25	1,56	1,99	92	38	1,25	1,25	24,46	5,32	3,51	0,92	2,18	2,78	3,04	1,18	0,0098	40,55	4,30
92 x 38 x 1,55	1,94	2,47	92	38	1,55	1,55	29,65	6,45	3,47	0,93	2,18	3,42	3,69	1,18	0,0188	49,64	4,26
92 x 38 x 2,25	2,79	3,56	92	38	2,25	2,25	40,52	8,81	3,38	0,96	2,16	4,84	5,05	1,17	0,0581	69,52	4,17
92 x 38 x 2,46	3,04	3,88	92	38	2,46	2,46	43,46	9,45	3,35	0,97	2,15	5,25	5,42	1,16	0,0759	75,12	4,15
142 x 38 x 0,95	1,54	1,96	142	38	0,95	0,95	53,09	7,48	5,20	0,70	1,81	2,37	3,38	1,10	0,0055	86,30	5,61
142 x 38 x 1,25	2,04	2,60	142	38	1,25	1,25	68,91	9,71	5,15	0,72	1,80	3,11	4,36	1,10	0,0128	112,84	5,57
142 x 38 x 1,55	2,53	3,22	142	38	1,55	1,55	83,97	11,83	5,10	0,73	1,79	3,84	5,28	1,09	0,0246	138,53	5,52
142 x 30 x 2,25	3,00	4,00	142	30	2,25	2,25	110,19	10,37	4,99	0,70	1,70	5,45	7,19	1,00	0,0702	195,25	5,41
142 x 38 x 2,46	3,99	5,09	142	38	2,46	2,46	125,09	17,62	4,96	0,77	1,77	5,91	7,72	1,08	0,0997	211,41	5,37
202 x 38 x 0,95	1,97	2,51	202	38	0,95	0,95	126,46	12,52	7,09	0,56	1,50	2,56	4,58	1,01	0,0070	196,45	7,32
202 x 38 x 1,25	2,61	3,33	202	38	1,25	1,25	164,81	16,32	7,04	0,57	1,50	3,36	5,88	1,00	0,0163	257,25	7,27
202 x 38 x 1,55	3,24	4,13	202	38	1,55	1,55	201,62	19,97	6,99	0,59	1,49	4,14	7,08	1,00	0,0316	316,27	7,21
202 x 38 x 2,25	4,70	5,99	202	38	2,25	2,25	281,68	27,89	6,86	0,62	1,47	5,88	9,58	0,99	0,0979	447,26	7,08
202 x 38 x 2,46	5,14	6,54	202	38	2,46	2,46	304,13	30,12	6,82	0,62	1,47	6,38	10,25	0,99	0,1281	484,76	7,04
Espessura do revestimento metálico considerada no cálculo : t = 0,036 mm																	

Espessura do revestimento metálico considerada no cálculo : t_e = 0,036 mm

Apesar de esses serem os únicos perfis normatizados, inúmeros outros são utilizados pelos construtores no Brasil, adicionando o fato de que são poucos os projetistas que realmente fazem o cálculo estrutural. Para manter-se a

segurança da edificação, na maioria dos casos, opta-se por estruturas com uma taxa de aço muito além do realmente necessário.

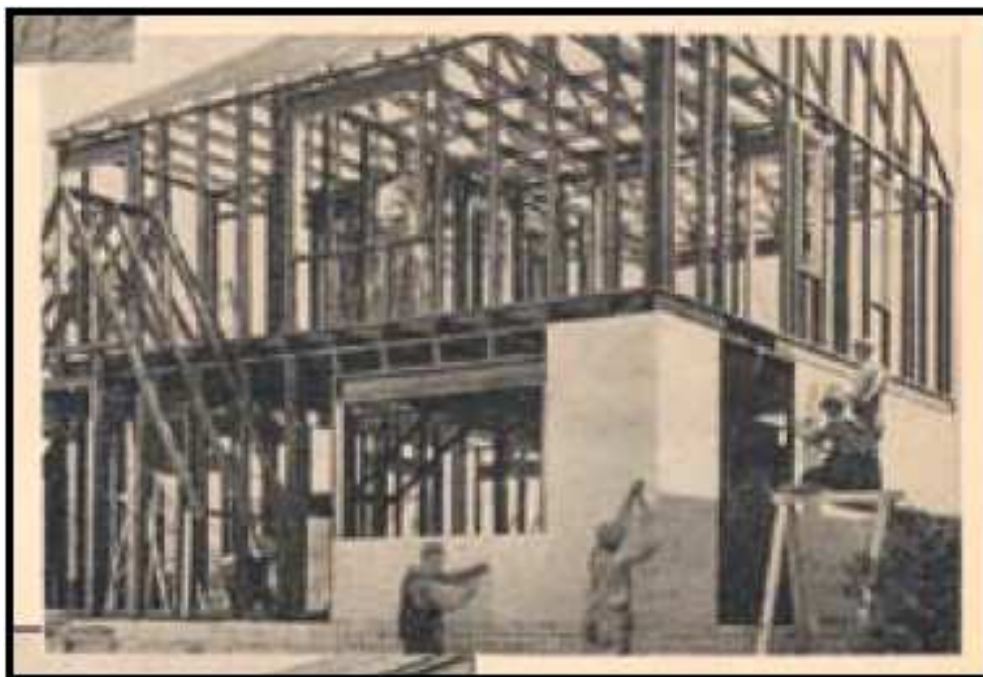
4.2. Histórico

De acordo com o engenheiro Don Allen, na revista STRUCTURE MAGAZINE de novembro de 2006, as primeiras construções em aço formado a frio, tiveram início no ano de 1850 nos EUA, e paralelamente na Inglaterra. Porém estas obras tinham caráter experimental e limitado. Até 1930, apesar dos 80 anos de existência, ainda não era um sistema construtivo muito aceito, por ainda não ser regulamentado.

A partir de 1930, foram feitos catálogos de casas (Figura 1) que, apesar de pouco explicativos sobre o sistema, teve relativa aceitação. A partir de então, inspirados pela indústria automobilística, iniciou-se um crescimento considerável em sua aplicação, com a formação de empresas especializadas.

Apesar das restrições impostas pela II Guerra Mundial para utilização do aço, criou-se um cenário econômico extremamente favorável, pois a indústria siderúrgica estava em alta por conta dos altos investimentos bélicos, somados ao crescimento da demanda por moradias devido à diminuição dos efetivos nas frentes de batalha por volta de 1940, além da rapidez do sistema.

Figura 1 - The Good Housekeeping Stran-Steel House

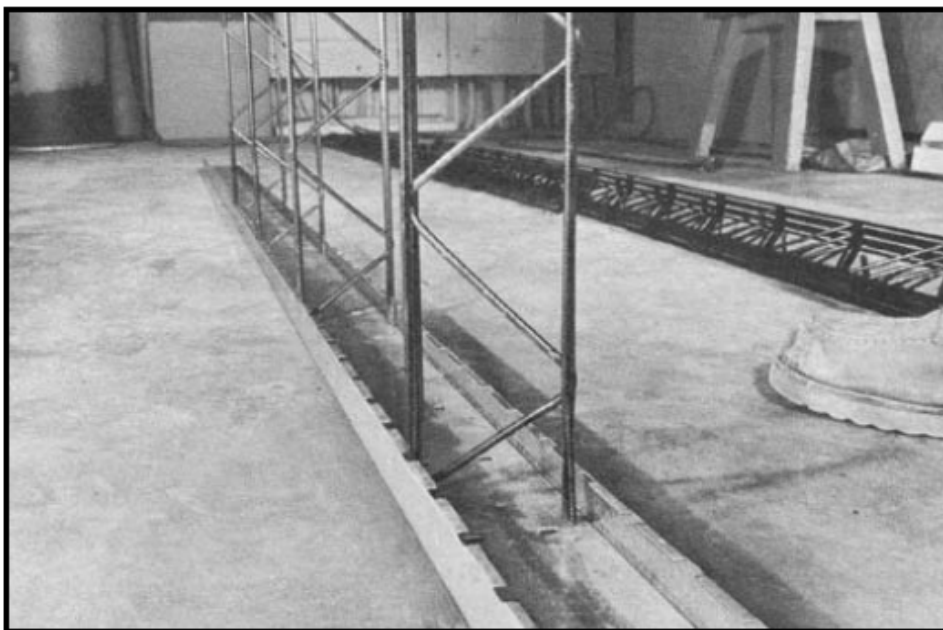


FONTE: STRUCTURE MAGAZINE – 11/2006

Em 1939 o engenheiro George Winter na universidade de Cornell, patrocinado pela American Iron and Steel Institute (AISI), começou desenvolver pesquisas em estruturas de aço formadas a frio (Figura 2). A primeira publicação foi no ano de 1940, seguida de algumas outras que foram todas compiladas em *AISI Specification for the Design of Light Gage Steel Structural Members*. Os estudos foram baseados em aço de espessura até 3/16, tensão de escoamento entre 172MPa e 227Mpa e os aços utilizados foram A245 e A246 regulamentados pela ASTM.

Quando comparado com as normas e especificações atuais, tratava-se de uma normativa muito limitada. Entretanto, o grande entrave para o crescimento foi o coeficiente de segurança estabelecido para os esforços sobre as estruturas de aço formadas a frio (1.85), coeficiente absurdamente alto se comparado com os índices atuais (1.15).

Figura 2 - TRUSSTEEL



FONTE: STRUCTURE MAGAZINE – 11/2006

Entre 1940 e 1950, alguns fatores corroboraram para o surgimento de centenas de empresas especializadas em construção em LSF (light steel frame), entre eles está o desenvolvimento de tecnologia de placas de gesso não combustíveis que, apesar da alta popularidade nos EUA, também tinha alto índice de rejeição, haja vista os elevados registros de mortes ocasionadas pelos incêndios resultantes da combustão das placas de gesso.

Outro fator importante foi o desenvolvimento de arrebiteiros fixadores de pregos e parafusos, juntamente com parafusos, pregos e rebites mais adequados para o sistema.

Em seguida, tivemos à normatização de perfis metálicos com maior resistência e menos peso, novas técnicas, sistemas de fabricação, maior rapidez e eficiência. Com isso, as obras passaram a ter um caráter cada vez mais industrial.

No Brasil o sistema LSF desembarcou por volta de 1998, porém, até hoje, enfrenta diversas dificuldades para se firmar, principalmente por questões culturais.

O sistema exige projetos bem definidos e compatibilizados, devido à necessidade de precisão por conta de sua característica industrial, possui

caráter pré-fabricado. Atualmente com o desenvolvimento de plataformas de modelagem de projetos BIM, esta dificuldade tende a ser suprimida.

Os principais trabalhos e artigos técnicos relativos ao tema desta monografia estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Principais Trabalhos

TRABALHO	AUTOR	RESUMO
Light steel framing for residential buildings	Autores: Milan Veljkovic; Bernt Johansson Thin-Walled Structures edição 44 de 2006 páginas 1272 a 1279	Discorre sobre construção de edifícios residências com o sistema de Light Steel Frame, conclui sobre a facilidade e agilidade do método construtivo, sobre a eficiência das paredes de gesso.
History of Cold Formed Steel	Autor: Don Allen Revista: STRUCTURE de novembro de 2006	Apanhado histórico do surgimento e da evolução de construções com perfis formados a frio
Segurança de estruturas em perfis formados a frio	Autor: André Luís Riqueira Brandão (03/2007)	Faz um apanhado geral sobre dimensionamento e cálculo estrutural, expõe as particularidades do cálculo estrutural para sistemas formados a frio, faz comentários sobre a norma americana e sua aplicabilidade, faz uma análise de confiabilidade de estruturas de perfis em LSF.
O uso do sistema light steel framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural	Autor: Alexandre Kokke Santiago (05/2008)	Discorre sobre diversas técnicas de fechamento externo, analisando seu desempenho acústico, mecânico entre outros fazendo comparações com outros sistemas conclui que praticamente todas as técnicas tem um desempenho e agilidade melhor que técnicas mais tradicionais de alvenaria
Sistemas construtivos tipo light steel frame para unidades habitacionais – aspectos relativos à durabilidade	Autores: Luciana Alves de Oliveira; Anne Catherine Waelkens; Claudio Vicente Mitidieri Filho Revista Técnica edição 176 – Novembro 2011	Trata sobre as características técnicas e desempenho dos principais insumos do sistema
Instalações em Steel Frame	Autor: Gisele Cichinelli Revista Equipe de Obra edição 50 – agosto/2012	Fornece técnicas e recomendações de execução de instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias

Sistema construtivo a seco – Light Steel Frame	Autor: Fernando Benigno da Silva Revista técnica edição 195 – julho/2013	Descreve as etapas construtivas do sistema Light Steel Frame, dá exemplos de insumos e suas aplicações
Light Steel Frame e fechamento em OSB revestido com siding vinílico	Autor: Fernando Benigno da Silva Revista técnica edição 196 – julho/2013	Trata sobre o revestimento de fachada com OSB e acabamento em siding vinílico, explica a função de cada tipo destes revestimentos e a forma de aplicação, apresenta os padrões de segurança e faz uma breve propaganda sobre a empresa fornecedora do material no Brasil.

4.3. Esforços, Reações e Detalhes Estruturais

Na análise de esforços sobre uma estrutura, existem diversos fatores que devem ser considerados, tais como as cargas de absolutamente todos os elementos e materiais da estrutura, a carga de vento de acordo com a região e características geométricas da edificação e a carga de ocupação de acordo com a utilização em que a edificação é destinada.

4.3.1. Esforços Concentrados

São esforços que atuam de forma pontual sobre a estrutura, isto é, toda sua carga está concentrada sobre um único ponto. Por exemplo, um pilar solicita um radier de forma pontual.

Estruturas tradicionais formadas por pilares e vigas concentram os esforços da edificação sobre alguns elementos. Isso exige que esses elementos sejam mais robustos, para suportarem as solicitações.

4.3.2. Esforços Distribuídos

São esforços que dividem sua carga ao longo da estrutura por vários elementos estruturais. Por exemplo em uma alvenaria com blocos de concreto estrutural, os esforços de compressão são combatidos ao longo de todas as paredes da edificação.

Estruturas de LSF seguem este princípio de distribuir as cargas pelos diversos elementos da estrutura, isso permite que cada elemento resista a uma parcela pequena da solicitação, possibilitando assim, elementos mais leves.

4.4. Empenamento e Distorção da Seção Transversal

Segundo LUBAS e PIGNATA (2006) "Os conhecimentos dos esforços internos clássicos, ensinados nos cursos de resistência de materiais, momento fletores em torno dos eixos x e y, não são suficientes para compreender o comportamento das estruturas de seção aberta formadas por chapas finas. É necessário entender também um outro tipo de fenômeno que ocorre nessa estruturas: o empenamento".

LUBAS e PIGNATA (2006) acrescentam ainda que "O empenamento de uma seção corresponde o deslocamento que ocorre fora de seu plano ao ser submetida à torção".

Ao que tange flambagem por distorção da seção transversal, LUBAS e PIGNATA (2006) colocam que "*A flambagem por distorção é caracterizada pela alteração da forma inicial da seção transversal ocorrendo uma rotação dos elementos submetidos à compressão*".

De acordo com LUBAS e PIGNATA (2006), o fenômeno de flambagem por distorção da seção transversal é mais evidente em perfis de alta resistência, perfis com menor índice de esbeltez, enrijecedor de borda mais estreitos e perfis com maior relação entre a largura da mesa e a largura da alma.

A diferença entre a flambagem local e a flambagem por distorção é ilustrada de acordo com a imagem abaixo.

Figura 3 - Flambagem local e distorcional



FONTE: MANUAL DE CONSTRUÇÃO EM AÇO – Dimensionamento de perfis formados a frio conforme NBR 14762 e NBR6355 – LUBAS e PIGNATA

4.5. Corrosão eletrolítica de perfis com proteção galvânica

Estruturas em LSF têm grandes problemas quando é necessária a utilização de tipos diferentes de aço na estrutura, isso porque na interface do encontro desses dois tipos de aço tende a ocorrer corrosão eletrolítica, segundo ZINC ASSOCIATION (2013).

“As reações de corrosão exigem quatro componentes: um anodo, um catodo, um circuito elétrico e um eletrólito”. A corrosão galvânica é a corrosão que acontece quando dois metais distintos com potenciais distintos são colocados em contato elétrico em um eletrólito. A diferença que existe no

potencial elétrico entre os metais distintos serve como força propulsora para que a corrente elétrica circule pelo eletrólito. Esta corrente resulta na corrosão de um dos metais. Quanto maior a diferença entre potenciais, maior a probabilidade de corrosão galvânica. A corrosão galvânica somente causa a deterioração de um dos metais. O metal menos resistente e ativo se torna um local de corrosão anódica. O metal mais forte e inerte é catódico e fica protegido.

O eletrólito é quase sempre um meio aquoso que conduz eletricidade. Pode ser qualquer tipo de umidade que esteja em contato com os dois metais, incluindo condensados, orvalhos, chuvas, massas de água (enchentes, etc.), resíduos úmidos em contato com os dois metais, umidade no solo, etc.

Quando o zinco e o aço estão em contato na presença de um eletrólito, uma corrente passará do aço para o zinco, que se torna uma região anódica produtora de elétrons enquanto que o aço se torna uma região catódica e consome os elétrons, impedindo que ele se combine com o oxigênio e forme ferrugem. O revestimento de zinco também funciona como uma barreira, protegendo ainda mais o aço”.

Os perfis estruturais são zincados, isto é, são revestidos com zinco por imersão feito a quente. Este revestimento impede que os perfis em LSF se liguem com oxigênio e sofram corrosão. Porém esta camada altera o potencial elétrico do aço, fato que, ao entrar em contato com outro tipo de aço que esteja com um tipo diferente de proteção ou até mesmo sem proteção, culmina em corrosão, caso haja um meio de transferência de elétrons, tal como a umidade. “Até mesmo um pequeno pedaço de zinco pode ser consumido muito rapidamente quando conectado eletricamente a um pedaço maior de aço na presença de um eletrólito, devido ao alto índice de fluxo de elétrons do zinco para o aço.” ZINC ASSOCIATION (2013).

Existem três situações comuns de contato entre diferentes tipos de aço em estruturas em LSF: perfis metálicos convencionais, tubulação de ferro galvanizado para incêndio, e ligações parafusadas com parafusos sem proteção de zinco. Nos dois primeiros casos, recomenda-se que a interface seja protegida, para que não ocorra o contato, a fim de evitar o fenômeno da corrosão galvânica. No terceiro caso, recomenda-se não utilizar este tipo de parafuso.

4.6. Ligações

Segundo RODRIGUES (2006), “Os componentes de uma ligação devem ser dimensionados de forma que sua resistência de cálculo seja igual ou superior aos máximos esforços solicitantes de cálculo, determinados com base nas combinações de ações para os estados limites últimos estabelecidos em 5.2 da ABNT NBR 14762:2001”.

4.6.1. Ligações Utilizando Parafusos Autobrocantes

As ligações entre os perfis em LSF são normalmente executadas com parafusos autobrocantes (Figura 4), apesar de a NBR 14762: 2001 não contemplar este tipo de ligação. Para tanto, utiliza-se a norma americana de especificações para projetos de perfis estruturais formados a frio (AISI, 2001).

Figura 4 - Parafuso autobrocante cabeça sextavada zincado

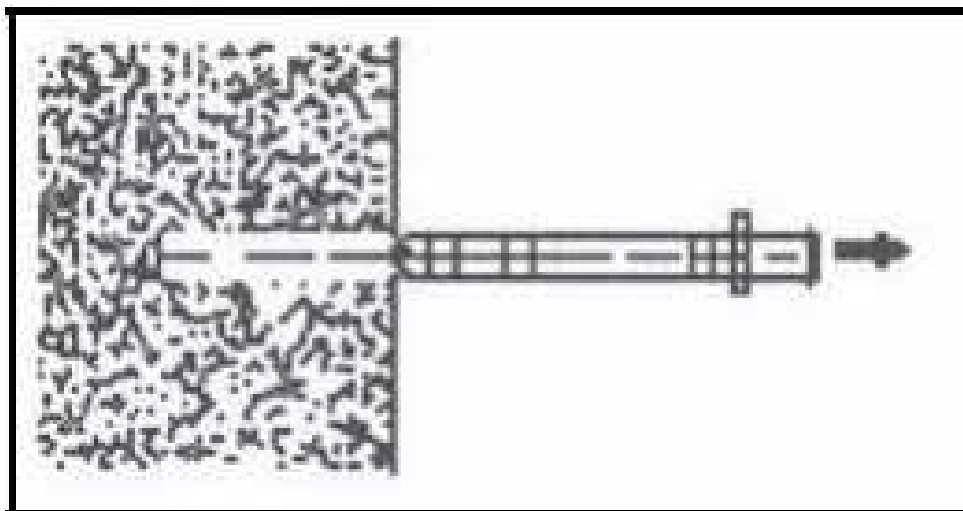


FONTE: Site ConstruFast, acessado no dia 28/05/2014, www.construfast.com.br

4.6.2. Arrancamento

O arrancamento dos chumbadores (Figura 5) de fixação da estrutura na fundação constitui grave problema estrutural e devem receber uma atenção especial no dimensionamento, segundo HILT DO BRASIL (2005) citado por CASTANHEIRA (2006), “Esse tipo de falha costuma ocorrer nos chumbadores mecânicos que trabalham por atrito. O arrancamento se dá quando a força exercida é maior que o atrito produzido pelo mecanismo de expansão.”

Figura 5 - Arrancamento de chumbador



FONTE: HILT do Brasil - 2005

4.7. Fechamentos

Fechamento refere-se ao (fechamento das) paredes, o isolamento entre o meio externo e o interno e o limiar entre os cômodos. Dentre os tipos de fechamentos, os mais populares em nosso país são: alvenaria de vedação, alvenaria estrutural e paredes divisórias. Os demais métodos apresentados abaixo, são:

4.7.1. Oriented Strand Board - OSB

Oriented Strand Board (OSB) é composto por pequenas lascas de madeira, comumente utilizado em tapumes de madeira. Porém o OSB utilizado no sistema LSF, recebe tratamentos para impermeabilização da madeira e proteção contra cupins. No Brasil, ele é comercializado em três espessuras - 9mm, 11,1 mm e 18,3 mm - sendo nesta última comercializado com e sem encaixes do tipo macho e fêmea.

Figura 6 - OSB Home Plus 11,1mm



FONTE: Arquivo pessoal

Segundo o fabricante, (LP Brasil) as chapas de 9,00mm são recomendadas para paredes internas, pois não possuem função de contra ventar a estrutura. As chapas de 11,1 mm (Figura 6) tem função de contraventar a estrutura e são recomendadas para paredes externas. As chapas em 18,3 mm, são recomendadas para laje.

4.7.2. Plywood

Constituem-se de painéis estruturais de madeira em forma de lâminas destinados a diversas aplicações na construção civil.

As chapas são comercializadas nas espessuras de 12,5mm (Figura 7) 15mm e 18mm, todas elas possuindo função estrutural e as duas últimas podendo ser utilizadas em lajes.

Figura 7 - Plywood Estrutural 12,5 mm



FONTE: Arquivo pessoal

4.7.3. Placa Cimentícia

Placas cimentícias são placas formadas por fibras e cimento, que garantem a longevidade da estrutura, fornecem proteção mecânica e dão acabamento.

Essas placas podem ser fixadas sobre a camada de OSB ou PLYWOOD, revestidas pela membrana de vapor, ou podem ser fixadas diretamente sobre a estrutura, revestida pela membrana de vapor.

Sendo fixada diretamente sobre a estrutura deve-se utilizar placas de no mínimo 10mm de espessura com parafuso autobrocante com aleta (Figura 8).

Figura 8 - Parafuso Autobrocante com Aleta Zincado



FONTE: Arquivo pessoal

Sendo fixada sobre o OSB ou PLYWOOD, deve-se utilizar placas de no mínimo 8mm de espessura com parafusos autobrochantes sem aleta (Figura 9).

Figura 9 - Parafuso Autobrocante sem Aleta Zincado



FONTE: Arquivo pessoal

As placas devem ser instaladas com uma distância entre si de 5 mm, a fim de evitar rachaduras por conta da dilatação térmica. Tendo fixado as

placas, é necessário fazer o tratamento das juntas conforme a indicação de cada fabricante.

4.7.4. Membrana de Vapor

Segundo o fabricante é um não tecido, composto 100% de polietileno sem aditivos, corantes ou resinas, extremamente durável e resistente aos rasgos e rupturas. Atóxico, impede a proliferação de bactérias e fungos, além de ser 100% reciclável.

Tem função de garantir a impermeabilidade, respirabilidade e durabilidade das paredes, isso porque não permite que a água penetre (Figura 10).

Figura 10 - Membrana de vapor face externa e interna respectivamente



FONTE: Arquivo pessoal

A face interna porém, permite que caso haja água dentro das paredes essa consiga sair garantindo assim a respirabilidade da parede.

4.7.5. Argamassa Projetada

Em alguns países, tem sido utilizado para o fechamento das paredes um sistema chamado CRUPE SYSTEM (Figura 11), que consiste em projetar nas paredes em LSF uma argamassa com aditivos, para garantir a leveza e o conforto térmico. A técnica consiste em fixar uma tela metálica sobre as paredes,

e projetar no lado oposto essa argamassa com auxílio de uma bomba ejetora de concreto.

Essa solução tem sido bem aceita, pois resolve a questão do excesso de aço nas paredes, haja vista que permitiria maior afastamento entre os montantes. No sistema convencional eles ficam espaçados no máximo a cada 60cm, para que haja apoio para fixação das placas. Porém, este sistema vai contra a filosofia de obra seca e, por isso, encontra certa resistência pelos construtores em LSF.

Figura 11 - CRUPE SYSTEM Projeção de Argamassa sobre Estrutura em LSF



Autor: Grupo CRUPE

4.8. Construção energeticamente sustentável - CES

Segundo a empresa Zarya em seu site, <http://zarya.com.br/home/stell-frame/> acessado no dia 20/05/2014,

“Construção (CES ou Construção Energeticamente Sustentável) é uma obra seca e limpa, que gera menos resíduos (menos de 1%) e baixa emissão de CO₂ (cerca de cinco vezes menos do que construções convencionais). Exemplo? O Light Steel Frame – LSF. Há ainda uma redução do consumo de energia durante a obra e também após o imóvel pronto, pois os materiais utilizados garantem melhor qualidade térmica e acústica. Muitos dos produtos utilizados nas obras são produzidos a partir de matéria-prima proveniente de florestas renováveis, áreas que respeitam o manejo sustentável e possibilidade de reduzir consideravelmente o custo da obra, já que se trata de um sistema construtivo industrializado, com uma maior racionalização da mão-de-obra e de materiais, maior produtividade, menor custo de fundação por ser uma construção leve e com sistema de distribuição de cargas uniforme.”

4.9. Responsabilidade Ambiental

O depósito dos resíduos sólidos é um dos assuntos mais preocupantes hoje. Segundo SINDUSCON – SP (2005 - Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil). Em algumas cidades como Ribeirão Preto – SP, 70% dos resíduos gerados são provenientes da construção civil.

Algumas medidas vêm sendo tomadas em relação ao controle desses resíduos, porém a solução pode vir de algo além. Uma das alternativas é a utilização de sistemas construtivos que gerem pouca ou nenhuma quantidade de entulhos provenientes de resíduos de obra, tal como os sistemas estruturais em Light Steel Frame.

Um dos maiores problemas hoje do mundo é a escassez de água, e diversos países têm essa questão como o principal foco dos embates políticos. Nas construções a seco, tal como o sistema Light Steel Frame, não é utilizado água na fabricação dos insumos. Além disso, o deslocamento deste uso do canteiro de obras para indústria permite que este seja feito de forma mais racional e controlada.

Um fator importante no quesito poluição é a emissão de partículas no ar, responsáveis por parte dos problemas respiratórios, principalmente dos operários que estão em contato durante o processo construtivo. Nas obras em

LSF, não são utilizados insumos que emitam quantidades consideráveis de partículas, o que melhora consideravelmente o entorno da obra.

A poluição sonora é outro problema de grande magnitude. Os procedimentos construtivos em LSF utilizam de ferramentas rotacionais e pneumáticas, apresentam menos ruídos que uma obra convencional, onde grande parte das ferramentas é de impacto.

4.10. Responsabilidade Social

No aspecto social, o sistema estrutural em LSF traz três grandes vantagens:

- Inserção de pessoas com mobilidade reduzida em alguns estágios da obra;
- Inserção de mão de obra feminina em mais fases da obra;
- Melhor qualidade de vida dos operários.

Essas vantagens citadas dão-se primeiramente pela leveza da estrutura, que permite que qualquer pessoa a movimente com facilidade, além da maior ergometria dos postos de trabalho, reduzindo assim a quantidade de incidências ortopédicas em sua carreira profissional.

Figura 12 - Equipe de montagem de estrutura em mesa ergométrica e com mão de obra feminina



FONTE: Arquivo pessoal

5. PROJETOS

Recomenda-se, para o Sistema Construtivo em Light Steel Frame, a elaboração de projetos em plataformas Building Information Modeling (BIM), por conta de que as paredes são auto portantes e ,diferentemente de sistemas como alvenaria em bloco de concreto, não existe previsibilidade de onde a estrutura será lançada.

Sem a utilização de uma plataforma que trabalhe todos os projetos simultaneamente, a probabilidade de ocorrência de graves interferências entre os diferentes projetos é muito grande. Porém, isso não impede que seja projetado em softwares convencionais. Entretanto, uma atenção muito maior para a compatibilização entre todos os projetos, tal como ilustra a Figura 13.

Figura 13 - Projeto em BIM



FONTE: CREA-SP - 06/2012 - <http://www.creasp.org.br/uploads/fotonoticia/2012/06/e70c9-foto-bim2012.jpg>

5.1.Projetos Arquitetônicos

Existem algumas especificidades no projeto de arquitetura voltado para a construção em LSF. Vale ressaltar que essas recomendações visam melhor aproveitamento dos insumos como gesso acartonado, placas cimentícias e PLYWOOD.

É interessante que se trabalhe com o pé direito de três metros e dimensão das paredes dos ambientes múltiplos de 40 ou 60 cm, pois permite uma otimização da paginação dos módulos, e gera uma economia no volume de aço,

Dessa forma, evita-se a concentração do aço ou a divisão desigual dos montantes, o que causa sérias dificuldades executivas, como na Figura 14.

Figura 14 - Montantes em LSF muito próximo, pela falta de paginação



FONTE: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

Estruturalmente, é vantajoso que as paredes dos diferentes pavimentos estejam apoiadas nas paredes dos pavimentos inferiores. Isso exige menor solicitação da laje gerando assim uma economia. Porém, esse detalhe estrutural precisa ser pensado desde o projeto de arquitetura.

O sistema construtivo LSF é um sistema que exige maior atenção na especificação dos materiais, para um profissional não familiarizado com esse processo construtivo.

No projeto de sistemas estruturais em LSF, é necessário compor cada uma das paredes com o sistema mais adequado para cada uma das situações. Por exemplo, em áreas externas não se pode utilizar gesso acartonado. Neste caso então, especifica-se uma chapa cimentícia de uma espessura que não pode ser fixada na estrutura sem o PLYWOOD.

É necessário que o arquiteto esteja atento a cada detalhe, seja por necessidade técnica ou até mesmo de decisão pessoal do cliente, que, por vezes, não se sente seguro utilizando paredes apenas de gesso, ou que exige um isolamento acústico e térmico diferenciado. Tais decisões não afetam somente a execução, mas também as áreas úteis e outras especificações de esquadrias que dependem da espessura da parede.

5.2. Projeto de Fundação

Por conta da leveza da estrutura, que gera um bulbo de tensões no solo menor em comparação a sistemas convencionais, é amplamente utilizado a fundação rasa tipo radier, que, por sua vez, além da economia financeira, tem a grande vantagem de ser uma fundação que trabalha com o mesmo princípio da superestrutura, ou seja, o esforço distribuído.

Isto gera uma grande facilidade na interface das duas etapas construtivas, uma vez que quando se utiliza um sistema de cargas distribuídas descarregando sobre um sistema de cargas concentradas, gera-se nesse encontro um grande esforço cortante localizado, que é muito difícil de ser combatido com chapas de aço tão finas quanto as do LSF.

Entretanto isto não inviabiliza o uso de estacas, tubulões ou sapatas, desde que, junto com isso, utilize-se um sistema de distribuição dessas cargas, que poderia ser feito, por exemplo, com sapatas corridas em concreto armado, vigas baldrames ou radier estaqueado.

A ligação entre a estrutura e a fundação deve ser executada com chumbadores e chapas L. Porém, é importante que o projeto esteja em perfeita sintonia com a execução.

A ligação definitiva entre fundação e estrutura só pode ser feita depois que todas as paredes estiverem ligadas e aprumadas, caso contrário torna-se

impossível a junção dos painéis em LSF, haja vista que durante esse processo ocorre uma grande variação no prumo das paredes, o que pode ocasionar empenamento dos perfis ou arrancamento da estrutura.

Dessa forma, é necessário a especificação de um tipo de ligação provisória menos rígida, que permita esse manuseio sem avariar e danificar a estrutura ou tira-la do lugar. Comumente são utilizados pregos fincados a pólvora (Figura 15).

Figura 15 - Pinos fixados com pistola de pólvora para fixação provisória da estrutura



FONTE: HILT DO BRASIL

5.3. Projeto Estrutural

O projetista da estrutura deve sempre ficar atento às especificações de parede do projeto arquitetônico, haja vista que a carga das paredes não é fixa justamente pela possibilidade de alternar entre soluções. Outro caso que interfere nas decisões estruturais é a especificação em projeto de sistema de argamassa projetada nas paredes (Figura 16).

Figura 16 - Argamassa projetada - sistema CRUPE



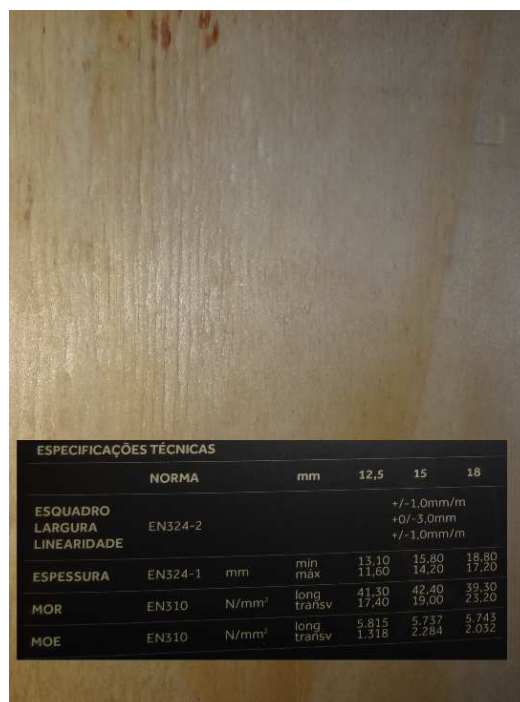
FONTE: Apresentação SISTEM CRUPE TM – 06/2012

O projeto de estruturas em LSF costuma utilizar dois tipos de contraventamentos: um com treliças metálicas nas próprias paredes, e outro com fita metálica. As placas de PLYWOOD e o OSB têm função de contraventamentos, porém, quando o sistema chegou ao Brasil, não se tinha muitas informações técnicas de resistência, e, culturalmente entre os calculistas, desenvolveu-se esse hábito de desconsiderar essa capacidade.

Porém alguns desses fornecedores possuem tais informações técnicas, viabilizando, desta forma, que sejam consideradas como elemento estrutural (Figura 17).

Os sistemas utilizados têm prós e contras. As treliças dão uma agilidade maior na montagem da estrutura, porém dão muito mais interferência com as instalações. Já a fita metálica não causa praticamente nenhum tipo de interferência, porém sua fixação costuma ser mais trabalhosa e seu desempenho, menor. O PLYWOOD e o OSB possuem custos atualmente maiores, porém, na maioria das obras, já são utilizados pela questão de vedação e proteção mecânica contra choques.

Figura 17 - PLYWOOD E SUA RESISTÊNCIA MECÂNICA



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS					
NORMA		mm	12,5	15	18
ESQUADRO	EN324-2			+/- 1,0mm/m	
LARGURA				+0/- 3,0mm	
LINEARIDADE				+/- 1,0mm/m	
ESPESSURA	EN324-1	mm	min 13,10 max 11,60	15,80 14,20	18,80 17,20
MOR	EN310	N/mm²	long 41,30 transv 17,40	42,40 19,00	39,30 23,20
MOE	EN310	N/mm²	long 5,815 transv 1,318	5,737 2,284	5,743 2,032

Fonte: Catálogo Guaraply Estrutural - 2014

Não é recomendável utilizar contraventamentos com treliças nas paredes de banheiro (Figura 18), pois elas fatalmente irão interferir no encaminhamento das tubulações de água e esgoto. Se for necessário utilizar contraventamentos neste local, recomenda-se o uso da fita metálica, ou PLYWOOD, ou OSB.

Figura 18 – Contraventamentos com treliças e OSB



Fonte: Arquivo Zárya arquitetura e engenharia

No dimensionamento dos montantes, há de se ficar muito atento ao nível dos pisos das áreas molhadas, pois, para pavimentos térreos, costumam ser menores e, para os demais pavimentos, maiores, pela necessidade do rebaixo da laje.

Tal recomendação também é válida para os demais sistemas construtivos. Porém, como o LSF é um sistema cujas peças são industrializadas, a correção desses problemas são muito mais difíceis de serem feitos no local da obra, quando comparado com uma estrutura convencional de concreto, com a necessidade de retornar à fábrica e produzir uma nova peça, causando assim prejuízos financeiros e atrasos no cronograma da obra.

Um dos principais problemas encontrados na maioria dos projetos estruturais em LSF são os detalhamentos das ligações. Normalmente se faz um detalhe genérico para união dos painéis, mas, na prática, executiva observa-se que o detalhe genérico não consegue atender todas as necessidades executivas, fato que é uma das principais causas de problemas estruturais do sistema.

A Figura 19 ilustra essa situação, onde foi executado o encontro das tesouras com o detalhe genérico de ligação que, nesse caso, é fácil de perceber que efetivamente não resulta em eficiência e segurança.

Figura 19 - Encontro de Trelças feito com detalhe Genérico.



Fonte: Arquivo pessoal

Segundo VELJKOVIC e JOHANSSON (2006), as placas de gesso também possuem função de contraventamentos, o que torna possível adicionar ao cálculo estrutural a influência das placas no combate destes tipos de carga.

O projeto estrutural do sistema LSF, devido ao elevado número de elementos, habitualmente, segue apenas as exigências de distanciamento das placas a cada 40 ou 60cm.

5.4. Projeto de Instalações

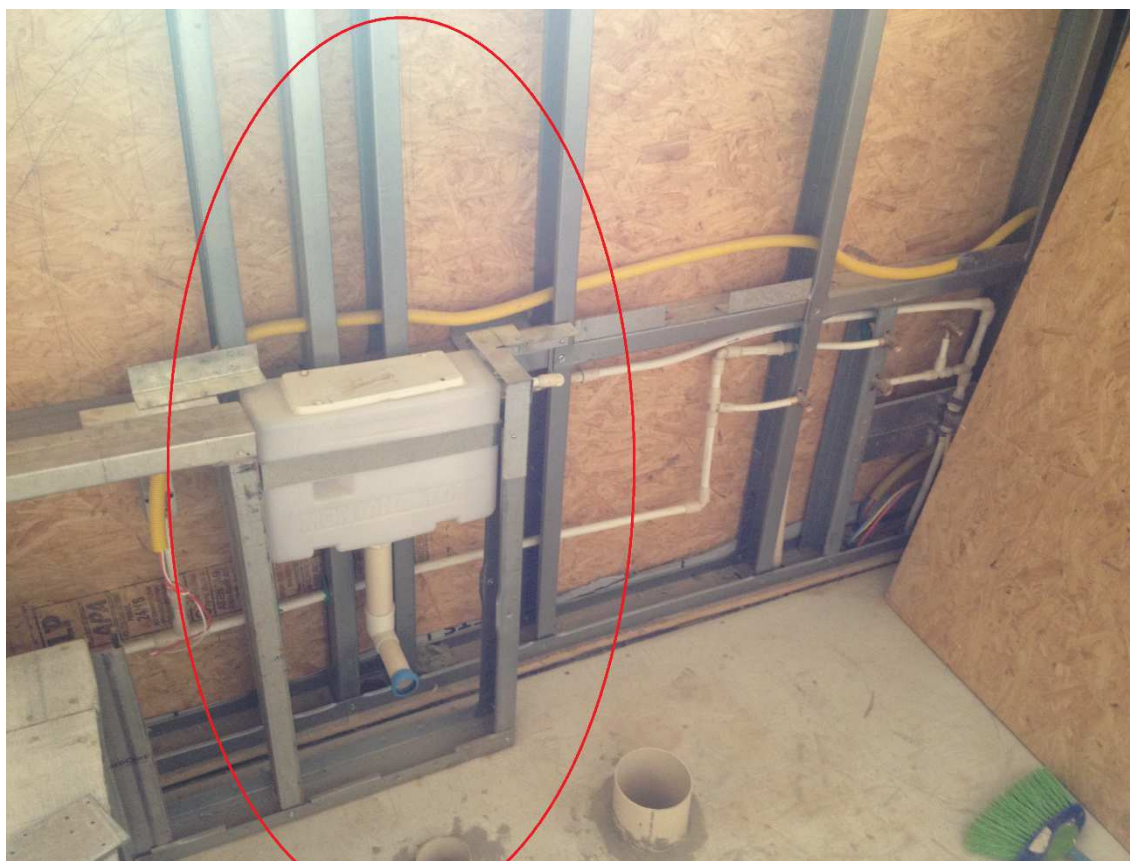
A grande diferença entre os projetos de instalação de uma obra de alvenaria convencional e uma obra em LSF é a quantidade de interferências provenientes da estrutura. Vale ressaltar que é de extrema importância que essas interferências sejam planejadas no projeto de estrutura.

Um dos vícios construtivos que se observa hoje em obras de LSF é que, pela falta de compatibilização entre todos os projetos, tais interferências podem representar risco de colapso estrutural.

5.4.1. Projeto de Instalações Sanitárias

Não é recomendável posicionar o eixo dos aparelhos sanitários sobre montantes, pois isso obriga os lavatórios a utilizarem sifões flexíveis, e impossibilita as bacias sanitárias de utilizarem saída lateral. Na Figura 20, foi necessário criar uma bancada técnica para embutir a caixa acoplada e a saída da bacia sanitária teve de ser feita pelo piso.

Figura 20 - Caixa Acoplada Embutida em Bancada Técnica



Fonte: Arquivo Pessoal

No primeiro pavimento as tubulações de esgoto não costumam causar problemas, pois passam por debaixo do piso, onde não há estrutura em LSF. A Figura 21 ilustra um radier com as instalações sanitárias embutidas.

Figura 21 - Instalações embutidas na fundação



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

Nos demais pavimentos, o problema vai depender do tipo de solução estrutural. No caso de laje steel deck, deve-se fazer a escolha entre passar a tubulação por dentro da laje, como em uma laje convencional, ou utilizar a tubulação suspensa embaixo da laje.

Caso a escolha seja por uma laje seca composta por treliças em LSF cobertas por Plywood ou OSB (Figura 22), pode-se adotar tubulação suspensa. Porém caso a escolha seja por passar entre os vãos das treliças, deve-se ficar ainda mais atento à inclinação indicada no projeto.

Figura 22 - Laje com Trelças Cobertas com OSB



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

Neste caso, para diminuir as interferências, é recomendável utilizar bacias sanitárias com saída lateral. Existe ainda a solução estrutural com vigas C. Esta opção já foi a mais utilizada, porém, por conta da dificuldade no processo de montagem da laje, foi sendo substituída por outros processos como a treliça. Porém esta é a solução que causa menos interferências nas instalações sanitárias. Tal efeito deve-se a peças menores. Além disso, as instalações suspensas não causam uma perda muito grande da altura útil do pavimento (Figura 23), o que facilita e simplifica o processo construtivo da instalação sanitária.

23 Figura - Instalações de Esgoto Suspensas em Perfis C



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

Em todas as situações citadas acima, deve-se prever em projeto uma forma de fixação da tubulação, para que, durante sua utilização, não gere ruídos incômodos para o proprietário.

5.4.2. Projeto de Instalações Hidráulicas

No projeto de instalações hidráulicas, não se tem nenhum tipo de recomendação especial, uma vez que funciona da mesma forma que um projeto em sistema de construção convencional.

É necessário apenas observar atentamente as interferências, de forma a evitar o posicionamento de equipamentos que são alimentados com água em locais onde há treliças de contraventamentos. A Figura 24 ilustra uma instalação hidráulica em Polietileno Reticulado (PEX) em uma estrutura em LSF.

Figura 24 - Instalação Hidráulica em PEX em Estrutura em LSF



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

5.4.3. Projeto de Instalações Elétricas

No projeto de instalações elétricas, recomenda-se fazer o encaminhamento dos eletrodutos pelo forro, fazendo o tipo de instalação vulgarmente conhecida como Polvo. Isto permite que os eletrodutos caminhem pelo forro, sem percorrer grandes distancias horizontais por dentro das paredes, evitando interferências com os montantes da estrutura de aço (Figura 25).

Figura 25 - Encaminhamento das Instalações por sobre o Forro



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

6. ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO

Um orçamento bem feito é o segundo passo para se ter um produto final satisfatório, o primeiro são projetos bem desenvolvidos e compatibilizados. Para tanto, é de extrema importância o entendimento de todas as etapas construtivas e dos serviços que o compõem.

Como estamos tratando de um sistema relativamente novo no país, é normal que ainda não se tenham serviços e insumos bem definidos, dando margem assim para cada um organizar o orçamento da forma que julga mais adequado.

Para esta etapa foi utilizado o banco de dados da empresa Zárya Arquitetura e Engenharia, desenvolvido através do método a seguir:

- Custos: para a definição dos custos de matéria, mão de obra e equipamentos, fez-se uma pesquisa de preço com vários fornecedores e operários.

Em seguida realizou-se uma média entre os valores de cada insumo, encontrou-se o desvio padrão destes valores em relação à média; com isso, excluiu-se todos os valores em que distância entre o valor e a média fossem maiores que o desvio padrão; com os valores que restaram, realizou-se outra média aritmética. O valor encontrado ficou definido como valor do insumo. Este processo é importante para garantir a exclusão dos valores promocionais que poderiam distorcer a média e para retirar os valores que estiverem acima do custo real de mercado.

- Consumo: o consumo foi obtido analisando o desperdício e a perda de cada material, em duas obras residenciais. Foi utilizado o mesmo processo de tratamento de dados descrito para os custos.
- Produtividade: para este processo, aferiu-se o tempo de execução de cada um dos serviços com cronômetro digital. Para estrutura, aferiu-se o tempo para os painéis das paredes do primeiro e dos demais pavimentos, das lajes treliçadas, das treliças e tesouras do telhado e dos painéis do telhado. Em seguida, verificou-se a massa indicada em projeto para cada peça. Com isso, criou-se uma relação para cada peça entre massa e tempo de montagem. Tendo

estes dados, realizou-se o mesmo processo de tratamento de dados descritos no custo, com a diferença de que, na obtenção do desvio padrão ao final desta etapa do cálculo, utilizou-se o coeficiente de segurança de 20%, para que os valores maiores decorrentes das peças mais difíceis de serem montadas ou fixadas, não fossem excluídos da média final. Para o chapeamento, considerou-se o mesmo processo citado acima, porém a unidade considerada é metro quadrado por tempo.

6.1. Etapas Construtivas Sistema LSF

Algumas etapas são iguais a qualquer sistema construtivo. As etapas descritas a seguir são as etapas convencionalmente utilizadas para a execução de um orçamento, visando uma análise básica de obras em LSF.

6.1.1. Serviços Preliminares

Consiste nos serviços básicos para execução de uma obra. Nesta etapa, estão inclusos serviços como limpeza de terreno, ligações provisórias, barracão de obras, vestiários, tapumes, refeitórios, almoxarife, banheiros e as áreas de trabalho. É importante possuir uma área de dimensões mínimas igual ao maior painel da obra para se montar os painéis em LSF “in locu”.

Entre uma obra convencional e em LSF para esta etapa, a única diferença é a necessidade prever local para montagem dos painéis.

6.1.2. Equipe

A equipe técnica obedece aos mesmos parâmetros de qualquer obra. Para decidir a quantidade de engenheiros e técnicos, deve-se levar em consideração o tamanho e a complexidade da obra.

Por ser um método construtivo não convencional, é de se esperar que os profissionais desta etapa de serviço tenham um valor um pouco mais elevado por conta de sua especialização.

Esta etapa é formada pela mão de obra necessária para administrar a construção, isso é, engenheiros, arquitetos, técnicos, almoxarifes, auxiliares, mestres e encarregados.

6.1.3. Equipamentos

Esta etapa refere-se ao aluguel ou aquisição de equipamentos, devendo ficar atento que alguns equipamentos estão inclusos dentro das composições dos serviços. Estes equipamentos normalmente não são relacionados nas composições unitárias de preço, pois não são necessariamente utilizados sempre na execução dos serviços, como, por exemplo, no chapeamento de placas cimentícias, não estão inclusos andaimes. Porém caso a edificação tenha mais de um pavimento, é necessário a utilização de tal equipamento.

6.1.4. Movimento de Terra

Nesta etapa, estão inclusos todos os serviços, que consistem em movimento terra, aterro, compactação, sejam eles para a execução de instalações, fundações entre outros. Todos os movimentos de terra devem estar inclusos nesta etapa.

Não existe diferença nesta etapa para obras em LSF ou para outros sistemas construtivos.

6.1.5. Fundação

A fundação em LSF tem a liberdade de ser adotada conforme a necessidade do terreno, da carga e das soluções disponíveis. Porém, como explicado anteriormente, caso opte-se por uma solução com cargas concentradas em pontos específicos, tal como é a maioria das fundações, é necessário inserir um elemento que sirva para concentrar as cargas distribuídas da estrutura em LSF.

Recomenda-se, quando possível, a utilização de radier, pela forma de combate às solicitações de maneira distribuída, tal como a estrutura.

Esta etapa contempla a execução das formas, lastros, drenos e colchões drenantes, impermeabilização, concretagem, transporte e lançamento.

6.1.6. Estrutura em LSF

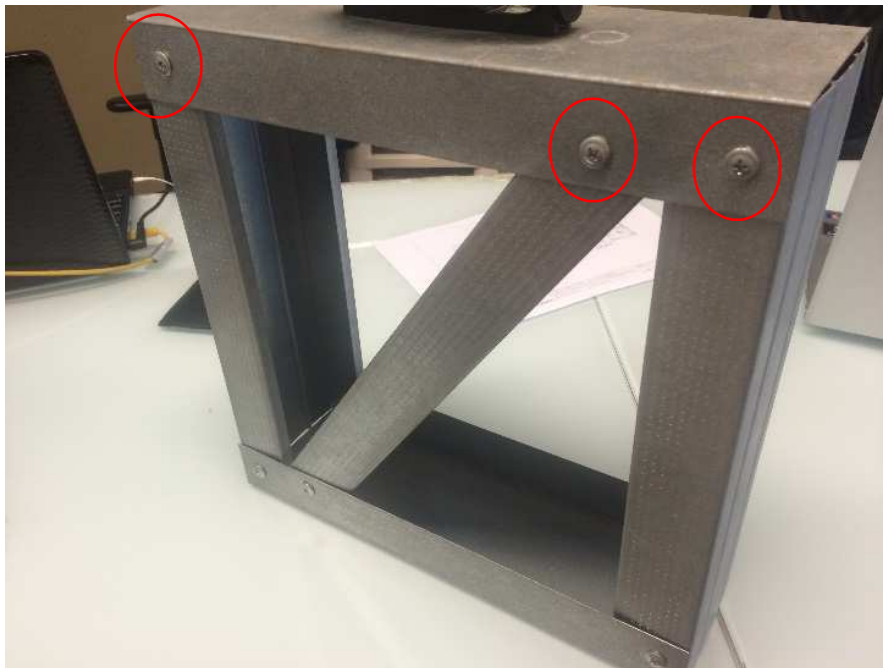
De todas as etapas, essa é a que mais difere do convencional, a estrutura é formada basicamente por cinco tipos de elementos: paredes autoportantes, laje, painéis do telhado, treliças e tesouras do telhado.

É de extrema importância conhecer bem qual a geração da perfiladeira que irá dobrar a estrutura em LSF, uma vez que a produtividade da montagem das peças é totalmente dependente deste parâmetro. Em máquinas mais antigas, eram produzidas barras todas do mesmo tamanho somente com furos para instalações sem rebaixo para parafusos, o que culminava em um processo mais lento de montagem, afinal era preciso medir e cortar as peças.

Hoje existem máquinas que cortam exatamente da forma e tamanho necessário, com rebaixo para parafuso e impressão do tipo e nome da peça, o que aumentou ainda mais a produtividade, diminuindo o tempo de procura pela peça na montagem em canteiro.

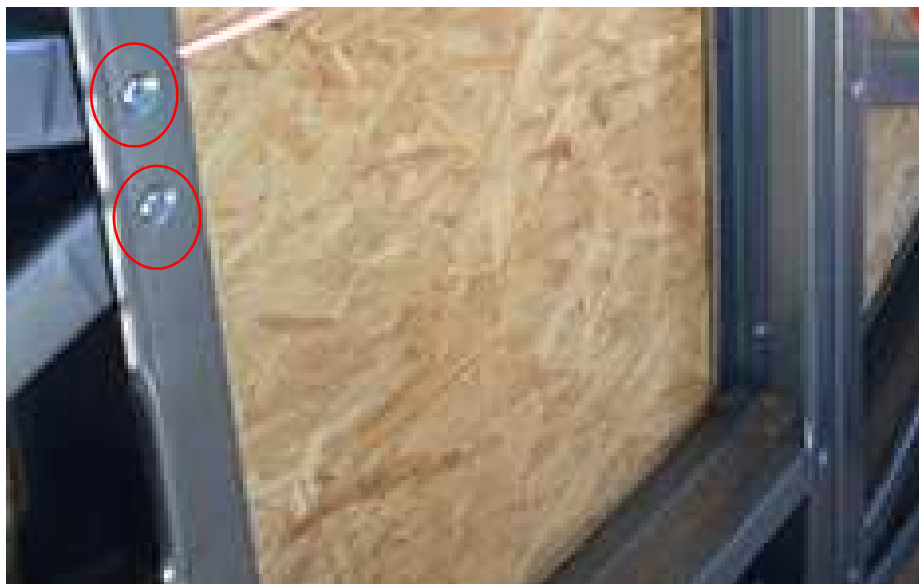
As Figuras 26 e 27 a seguir mostram a diferença do acabamento final dos parafusos. Na primeira, está ilustrado uma amostra dos primeiros perfis em LSF onde os parafusos ficavam um nível a frente do perfil; na segunda, mostra um perfil mais moderno com rebaixo para os rebites, que ficam no mesmo nível dos perfis.

Figura 26 - Amostra primeiros perfis de LSF no Brasil



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 27 - Rebaixo para rebites em estrutura em LSF



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

6.1.6.1. Paredes Autoportantes

Do ponto de vista estrutural, as paredes são normalmente formadas por montantes na posição vertical, distribuídos a cada 40 ou 60cm, podendo variar livremente conforme a solução de projeto para a vedação das. Duas guias, uma superior e uma inferior na posição horizontal, podem ser utilizados com o objetivo de combater a flambagem dos montantes.

Como a distribuição dos perfis não é homogênea, nem tão pouco padronizável, não é aceitável condicionar valores desta parte da estrutura, pelo metro quadrado de parede. Dessa forma, é preciso condicionar o valor pela massa de aço, tal como é feito convencionalmente. Porém, outra solução plausível é indexar pelo comprimento linear de cada tipo de perfil. A Figura 28 ilustra os painéis de paredes autoportantes em LSF.

Figura 28 - Painéis de paredes auto portantes em estrutura de LSF



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

6.1.6.2. Laje

A laje no sistema LSF tem várias possibilidades de solução construtiva, tais como steel deck - como ilustra a Figura 29 – e laje seca com treliças metálicas e cobertas com OSB ou PLYWOOD. A laje em treliça pode ser coberta também com painel Wall. Este produto é vantajoso pois sua aplicação utiliza a mesma mão de obra que cobrir com PLYWOOD ou OSB, com o detalhe de que não é necessário fazer contra piso.

Figura 29 - Laje em steel deck



Fonte: Arquivo Zârya Arquitetura e Engenharia

Nesse caso da laje com treliças, tal como nas paredes em LSF, também não é possível mensurar o custo por metro quadrado. A taxa de aço é calculada de acordo com a carga de utilização e de solicitação. Porém, a cobertura em OSB (Figura 30), PLYWOOD ou Painel Wall apresenta variação de acordo com a área e não com a taxa de aço, tornando assim necessário separar esses dois serviços e mensurá-los da seguinte forma: treliças em metro linear de aço ou

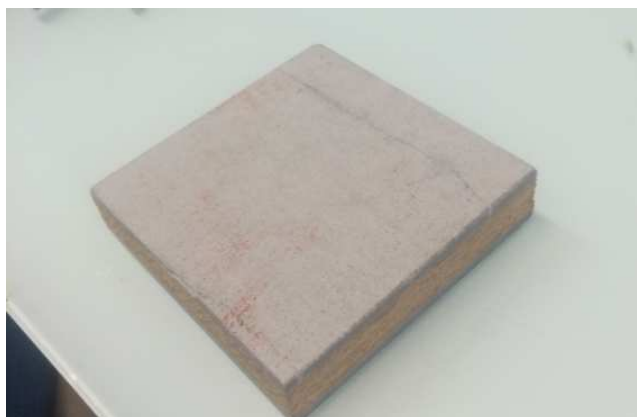
massa, e OSB, PLYWOOD ou Painel Wall (Figura 31) em um serviço separado variando por metro quadrado.

Figura 30 - Laje em OSB



Fonte: Arquivo Zârya Arquitetura e Engenharia

Figura 31 - Amostra Painei Wall



Fonte: Arquivo pessoal

Caso se utilize a laje em OSB com piso assentado com argamassa, faz-se necessário fazer contra piso, que pode ser executado em placa cimentícia ou da forma convencional com argamassa de cimento e areia.

6.1.6.3. Trelças e Tesouras do Telhado

Esta é a etapa da estrutura é bem similar ao de uma obra convencional, haja vista que é bastante usual a utilização de estruturas metálicas em telhados. Nesse caso, a única diferença é que, utilizando perfis formados a frio, o orçamento pode ser por quilograma ou área de cobertura, considerando a distância entre cada trelça e/ou tesoura, ou por metro linear de perfis em LSF. A figura 32 ilustra uma tesoura e três trelças de telhado.

Figura 32 - Trelças e tesoura do telhado



Fonte: Arquivo Zárya arquitetura e engenharia

6.1.6.4. Painéis do Telhado

Os painéis do telhado substituem-se de terças e caibros. Estes painéis são resquícios da cultura americana, isso porque, nos Estados Unidos da América (EUA), um dos telhados mais populares é o *shingle*, que aos poucos vem tomando espaço nas residências brasileiras, pela sua facilidade de manutenção e beleza (Figura 33).

Figura 33 - Telhado Shingle



Fonte: Site TC SHINGLE DO BRASIL - <http://www.tcshingle.com.br/> - Produtos – Telha Shingle Master

Este telhado tem a necessidade de instalação de placas de OSB ou de PLYWOOD antes da instalação das telhas, sendo necessário essa padronização dos painéis para fixação das placas, haja vista não ser possível fixá-las sobre caibros e terças. Caso a opção seja por um telhado com telhas cerâmicas ou de concreto, é necessário prever ripas com Perfis cartolas, para o encaixe da galga na estrutura.

Para fins de projeto estrutural, e, conseqüentemente, de orçamento, é necessário então primeiramente analisar a especificação do telhado.

A Figura 34 ilustra os painéis do telhado sobre as treliças e tesouras.

Figura 34 - Pannel do Telhado



Fonte: Arquivo pessoal

6.1.7. Chapeamento de Paredes

Esta etapa refere-se ao fechamento das paredes. Antes de se falar dos acabamentos, estas soluções devem ser pensadas no projeto de arquitetura, quando o arquiteto irá considerar a insolação, entre tantos outros fatores que interferem no conforto térmico. As configurações mais convencionais para paredes externas estão indicadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Configuração de fechamento de paredes externas

PAREDE EXTERNA			
ITEM	FACE INTERNA	INTERNO DA ESTRUTURA	FACE EXTERNA
1	Gesso acartonado	Lã mineral	OSB + Placa cimentícia 8 mm
2	Gesso acartonado	Lã mineral	OSB + Siding vinílico
3	Gesso acartonado	-	OSB + EPS alta densidade
4	Gesso acartonado	Lã mineral	Placa cimentícia ≥ 10 mm
5	Argamassa jateada		
6	Placa cimentícia 8mm	Lã mineral	OSB + Placa cimentícia 8 mm
7	Placa cimentícia 8mm	Lã mineral	OSB + Siding vinílico
8	Placa cimentícia 8mm	-	OSB + EPS alta densidade
9	Placa cimentícia 8mm	Lã mineral	Placa cimentícia ≥ 10 mm
10	OSB + Placa cimentícia 8 mm	Lã mineral	OSB + Placa cimentícia 8 mm
11	OSB + Placa cimentícia 8 mm	Lã mineral	OSB + Siding vinílico
12	OSB + Placa cimentícia 8 mm		OSB + EPS alta densidade
13	OSB + Placa cimentícia 8 mm	Lã mineral	Placa cimentícia ≥ 10 mm
14	OSB	Lã mineral	OSB + Placa cimentícia 8 mm
15	OSB	Lã mineral	OSB + Siding vinílico
16	OSB		OSB + EPS alta densidade
17	OSB	Lã mineral	Placa cimentícia ≥ 10 mm

Considerando estas configurações e as mostradas na Tabela 4 para paredes internas, é possível montar duas formas de orçamento. A primeira consiste em montar uma composição para cada tipo de parede que se encontra no projeto, e a segunda, em separar cada um dos tipos de fechamento em um serviço diferente.

Ambas as formas trazem resultados satisfatórios, ficando a escolha livre para que cada um adote a forma que achar mais conveniente ao seu projeto.

Tabela 4 - Configuração de fechamento de paredes internas

PAREDE INTERNA			
ITEM	FACE INTERNA	PARTE INTERNA DA ESTRUTURA	FACE EXTERNA
1	Argamassa jateada		
2	Gesso acartonado	Lã mineral	Gesso acartonado
3	Gesso acartonado	Lã mineral	Placa cimentícia 8mm
4	Gesso acartonado	Lã mineral	OSB + Placa cimentícia 8 mm
5	Gesso acartonado	Lã mineral	OSB
6	Placa cimentícia 8mm	Lã mineral	Gesso acartonado
7	Placa cimentícia 8mm	Lã mineral	Placa cimentícia 8mm
8	Placa cimentícia 8mm	Lã mineral	OSB + Placa cimentícia 8 mm
9	Placa cimentícia 8mm	Lã mineral	OSB
10	OSB + Placa cimentícia 8 mm	Lã mineral	Gesso acartonado
11	OSB + Placa cimentícia 8 mm	Lã mineral	Placa cimentícia 8mm
12	OSB + Placa cimentícia 8 mm	Lã mineral	OSB + Placa cimentícia 8 mm
13	OSB + Placa cimentícia 8 mm	Lã mineral	OSB
14	OSB	Lã mineral	Gesso acartonado
15	OSB	Lã mineral	Placa cimentícia 8mm
16	OSB	Lã mineral	OSB + Placa cimentícia 8 mm
17	OSB	Lã mineral	OSB

6.1.8. Cobertura

Esta etapa refere-se aos serviços de cobrimento do telhado, que não inclui a estrutura. O sistema LSF não possui qualquer tipo de restrição quanto aos tipos de telhas e coberturas, sendo possível desde lajes impermeabilizadas até telhados com telhas SHINGLE.

6.1.9. Instalações Elétricas, CFTV, SPDA, Voz e Dados

Para estas instalações (Figura 35), é preciso considerar uma maior produtividade, pelo fato de não existir demolições e recomposições de parede. Porém, é necessário o uso de protetores de plástico para os eletrodutos que passam por dentro da estrutura. Também deve-se prever fixadores plásticos para eletrodutos, para que não fiquem soltos nas paredes, dificultando assim a passagem e manutenção do sistema.

Figura 35 - Instalação Elétrica



Fonte: Arquivo Zárya arquitetura e engenharia

6.1.10. Instalações Sanitárias

Refere-se a todos os serviços de esgoto, incluindo caixa de passagens entre outros. Ao que tange a parte orçamentária, não é necessário fazer nenhuma consideração diferente do sistema convencional. Deve-se considerar todos os tubos e conexões de projeto.

6.1.11. Instalações Hidráulicas

Assim como na instalação elétrica, considera-se uma maior produtividade e a fixação dos dutos de água, considerando também os protetores e fixadores plásticos para os dutos.

6.1.12. Acabamento

Os demais processos são completamente idênticos ao de uma obra convencional em estrutura de concreto e alvenaria de vedação, citando apenas a título informativo:

- Esquadrias;
- Revestimento de Piso;
- Revestimento de Paredes;
- Revestimento de Forro;
- Louças e Metais;
- Pintura;
- Limpeza.

6.2. Planejamento

Conforme explicado nos itens anteriores, é de extrema importância um planejamento eficiente em todas as etapas nas construções em LSF, isso porque ela se viabiliza pelo curto prazo de tempo. Caso o prazo inicial seja muito dilatado, os prejuízos tendem a ser grandes.

A Tabela 5 apresenta um cronograma físico financeiro para uma expansão em LSF sobre uma obra em concreto e alvenaria de fechamento convencional, fornecido pela empresa Zárya.

Além deste planejamento, é necessário executar um alinhado preciso do plano de compras e entregas, considerando prazos em dias de cada uma das etapas. Isto é essencial para que a construção alcance o objetivo físico e financeiro almejado.

Tabela 5 - CRONOGRAMA FISICO-FINANCEIRO EXPANSÃO EM LSF, ÁREA 197M²

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DE SERVIÇOS	VALOR DOS SERVIÇOS (R\$)	PESO %	EXECUTADO %	SERVIÇOS A EXECUTAR							
					1º MÊS		2º MÊS		3º MÊS		4º MÊS	
					SIMPL.%	ACUM. %	SIMPL.%	ACUM. %	SIMPL.%	ACUM. %	SIMPL.%	ACUM. %
1	DESPESAS GERAIS INICIAIS	R\$1.932,76	0,74%	0,00%	100%	100%		100%		100%		100%
2	CONSUMOS	R\$5.607,00	2,15%	0,00%	25%	25%	25%	50%	25%	75%	25%	100%
3	CANTEIRO DE OBRA	R\$9.164,58	3,51%	0,00%	100%	100%		100%		100%		100%
4	DEMOLIÇÕES E REMOÇÕES	R\$4.089,81	1,57%	100,00%	100%	100%		100%		100%		100%
5	ESTRUTURA	R\$73.212,60	28,06%	0,00%	55%	55%	45%	100%		100%		100%
6	CHAPEAMENTO DE PAREDES	R\$45.097,96	17,28%	0,00%		0%	65%	65%	35%	100%		100%
7	COBERTURAS E TELHADOS	R\$34.454,39	13,21%	0,00%		0%	70%	70%	30%	100%		100%
8	IMPERMEABILIZAÇÕES	R\$2.143,36	0,82%	0,00%		0%	90%	90%	10%	100%		100%
9	REVESTIMENTOS DE PAREDES	R\$4.765,31	1,83%	0,00%		0%	30%	30%	70%	100%		100%
10	REVESTIMENTOS DE TETO	R\$8.184,37	3,14%	0,00%		0%		0%	15%	15%	85%	100%
11	REVESTIMENTOS PISOS	R\$9.449,14	3,62%	0,00%		0%	50%	50%	50%	100%		100%
12	ESQUADRIAS	R\$14.796,05	5,67%	0,00%		0%		0%	10%	10%	90%	100%
13	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	R\$4.455,30	1,71%	0,00%	5%	5%	85%	90%	10%	100%		100%
14	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	R\$7.807,94	2,99%	0,00%	10%	10%	90%	100%		100%		100%
15	LUMINOTÉCNICA	R\$1.501,31	0,58%	0,00%		0%		0%		0%	100%	100%
16	INSTALAÇÕES ESGOTO	R\$3.985,21	1,53%	0,00%	30%	30%	70%	100%		100%		100%
17	CAIXA INSP. GORD. E AREIA	R\$709,53	0,27%	0,00%		0%	70%	70%	30%	100%		100%
18	APARELHOS SANI. E MET.	R\$6.316,19	2,42%	0,00%		0%		0%	100%	100%		100%
19	PINTURA	R\$20.355,77	7,80%	0,00%		0%		0%	70%	70%	30%	100%
20	EQUIPAMENTOS	R\$1.557,19	0,60%	31,63%	30%	30%	24%	54%	23%	77%	23%	100%
21	SERVIÇOS EXT. E LIMP.	R\$1.332,48	0,51%	0,00%	20%	20%	20%	40%	20%	60%	40%	100%
TAXA DE ADMINISTRAÇÃO TOTAL:		R\$13.464,22	5,16%									
TOTAL		R\$274.382,47	100%	1,76%	23%	25%	42%	67%	23%	90%	12%	102%
				DESEMBOLÇO MENSAL	R\$	59.788,61	R\$	110.595,26	R\$	60.352,50	R\$	30.174,09
				TAXA DE ADMINISTRAÇÃO	R\$	3.085,29	R\$	5.707,07	R\$	3.114,38	R\$	1.557,08
				VALOR ACUMULADO	R\$	-	R\$	179.176,23	R\$	242.643,11	R\$	274.374,29

Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

7. DETALHES CONSTRUTIVOS

Para todas as etapas, é recomendado que não se utilizem ferramentas que fiquem ligadas diretamente na tomada. Isso porque os painéis são extremamente cortantes e a possibilidade de ocorrer acidentes, com o rompimento destes cabos, é muito elevado, uma que a estrutura é condutora.

7.1. Montagem da Estrutura

Na montagem dos painéis, é recomendável utilizar mesa ou suporte que deixe os perfis em LSF em uma altura que gere uma situação favorável à ergometria do funcionário. Caso contrário, o trabalhador terá que fazê-lo no nível do piso, o que gerar danos à postura pelo longo tempo agachado.

No caso em que as barras dos perfis sejam unidos com parafusos auto atarraxantes, é necessário ficar atento ao ângulo de inserção. Deve-se buscar um ângulo de 90° entre parafuso e estrutura.

No caso de conexão dos elementos estruturais com rebite de repuxo, é de extrema importância que o elemento esteja o mais comprimido possível antes de quebrar o pino do rebite. Deve-se atentar também para o alinhamento dos furos dos perfis, de forma a garantir que todo o painel seja unido sem torcer. Na Figura 36, está representado uma equipe de montagem.

Figura 36 - Montagem de painéis em LSF



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

7.2. Fixação da Estrutura

A estrutura, quando fixada diretamente sobre o concreto, necessita de uma camada separadora da interface do aço galvanizado do concreto, para que não haja corrosão. Este processo é normalmente feito com manta asfáltica, devendo seguir o isolamento indicado em projeto.

A fixação da estrutura (Figura 37) na fundação deve ser feita por intermédio dos chumbadores. Porém, não é recomendável começar tal procedimento antes de todas as paredes do pavimento estarem devidamente alinhadas e encaixadas.

Para isso, utiliza-se pino de aço fixado no concreto por meio de pistola de pólvora. Essa ligação tem caráter provisório, enquanto se ajusta e se alinha todas as paredes. Em seguida, pode-se então finalmente utilizar o chumbador.

Figura 37 - Elevação do painel para fixação



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

O alinhamento das paredes deve ser minucioso (Figura 38), pois erros milimétricos de locação ou inclinação podem resultar em acúmulo de imprecisões. Como o sistema é feito fora do canteiro de obra, não existe a possibilidade de fazer correções por meio de revestimentos de argamassas, entre outros. No caso da ocorrência destes tipos de erros, faz-se necessário a desmontagem, causando assim atrasos.

Figura 38 - Nivelamento de painel em LSF para fixação



Fonte: Arquivo Zária Arquitetura e Engenharia

7.3. Detalhes Genéricos de Ligação

As ligações são um dos detalhes mais importantes de uma estrutura metálica, mas em compensação é a parte do projeto mais negligenciado.

As Figuras 39 e 40 ilustram alguns exemplos de imprecisão nas ligações de sistemas construtivos em LSF.

Figura 39 – Encontro de tesoura com painel de parede de canto



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

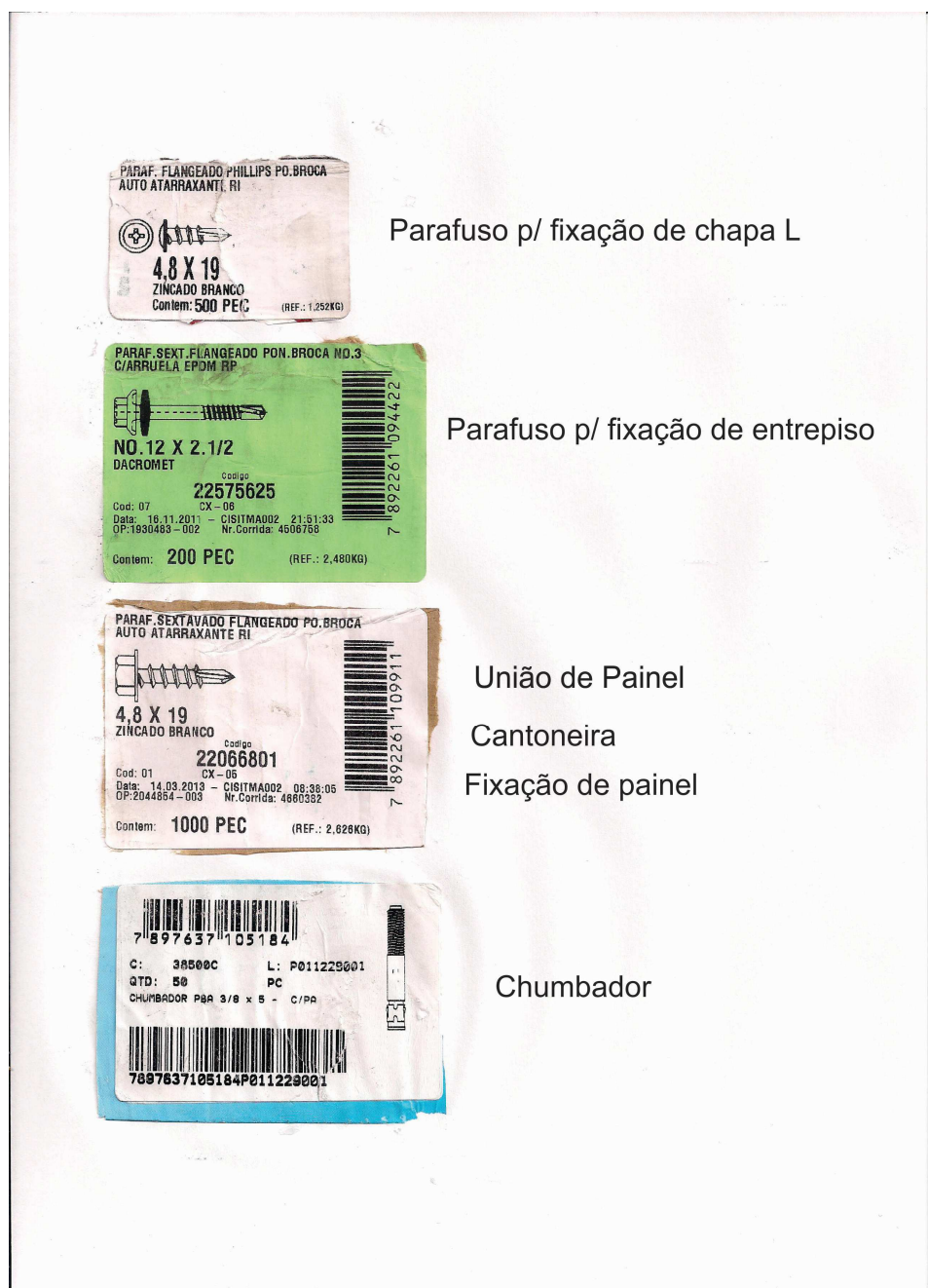
Figura 40- Encontro de três tesouras



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

Convencionalmente utilizam-se alguns tipos de parafuso para determinadas ligações. A Figura 41 ilustra esses parafusos e o seus respectivos usos.

Figura 41 - Especificação de parafusos



Parafuso p/ fixação de chapa L

Parafuso p/ fixação de entrepiso

União de Painei

Cantoneira

Fixação de painel

Chumbador

Fonte: Arquivo Zarya Arquitetura e Engenharia

7.4. Chapeamento de Gesso

As placas de gesso não podem ficar justapostas, e sim distantes entre si 5mm. As placas devem ter rebaixo na borda para facilitar o tratamento das

juntas. A fixação da placa na estrutura deve ser feita com parafuso autobrocante. A Figura 42 ilustra uma parede em placa de gesso com as juntas já tratadas.

Figura 42 - Parede em gesso acartonado



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

7.5. Chapeamento de OSB OU PLYWOOD

Caso o projeto tenha especificado OSB nas paredes em vez de PLYWOOD, é preciso tomar cuidado com o armazenamento. Apesar de a placa de OSB não perder suas propriedades em contato com a umidade, ela tem um grande inchamento devido a sua elevada capacidade de absorção. O PLYWOOD não possui esta propriedade.

Sobre as placas de OSB ou PLYWOOD, deve-se fixar a membrana de vapor, sem cortes e a partir do piso, de forma a completar todo o perímetro da edificação, partindo posteriormente para a camada superior. Esta membrana tem a função de impedir a umidade nas paredes.

As Figuras 43 e 44 ilustram o chapeamento com OSB e o envolvimento da edificação com a membrana de vapor, respectivamente.

Figura 43 - Chapeamento em OSB visto de dentro



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

Figura 44 - Chapeamento cimentício cobrindo membrana de vapor



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

7.6. Chapeamento de Placas Cimentícias

Caso a escolha seja por placas cimentícias mais largas ou com espaçamento de 10mm, não há necessidade da fixação do OSB ou PLYWOOD, exceto quando da utilização destes para contraventamento. Neste caso, a placa é aplicada direto sobre a membrana de vapor, que, por sua vez, deve ser fixada diretamente sobre a estrutura.

Os procedimentos de fixação de placas cimentícias é semelhante ao do OSB, porém é necessário fazer um tratamento das placas. Cada fabricante e modelo de placa tem um tratamento específico e, por isso, deve ser sempre consultado fabricante.

Este tratamento tem a função de impedir o surgimento de trincas, de forma a comprometer a proteção mecânica das placas. As Figuras 45 e 46 ilustra dois tipos de placa recebendo tratamentos diferentes.

Figura 45 - Tratamento de placas cimenticias Brasilit



Fonte: Arquivo Zarya Arquitetura e Engenharia

Figura 46 - Tratamento de Placas Profort Sistema Base Coat



Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

8.0. COMPOSIÇÃO UNITÁRIA DE PREÇO

Composição unitária de preço é tudo que compõe um serviço, incluindo mão de obra, material, equipamento e leis sociais. A base apresentada foi desenvolvida junto à empresa Zárya, observando e acompanhando a construção de obras em LSF. Serão apresentadas apenas as composições de paredes autoportantes, lajes com treliças em LSF cobertas com OSB. Essas composições consideram perfis pré-engenhados.

8.1. PAREDES AUTO-PORTANTES

As tabelas abaixo mostram as composições unitárias de preço, para execução de paredes autoportantes em LSF, para o primeiro (Tabela 6) e para os demais pavimentos (Tabela 7). Essa diferença se dá devido a necessidade de se fazer o isolamento entre os encontros de interface, do concreto da fundação e o aço. Tem-se ainda no primeiro pavimento os chumbadores entre a fundação e a estrutura ao longo da parede, além da previsão da fixação provisória das paredes com pino.

Tabela 6 - CPU - PAREDES AUTO-PORTANTES - 1º PAVIMENTO

05-SERV-ZAY	PAREDES AUTO - PORTANTES - 1º PAV	SER.CG	KG			
08-INSU-ZAY	Montador de Steel Frame	M.O.	H	0,050000	17,50	0,88
09-INSU-ZAY	Ajudante de montador de steel frame	M.O.	H	0,085000	10,00	0,85
12-INSU-ZAY	PERFIS DE AÇO DOBRADOS A FRIO PARA ESTRUTURA EM LSF	MAT.	KG	1,010000	7,20	7,27
13-INSU-ZAY	REBITE DE AÇO DE REPUXO 4,8X10	MAT.	UN	2,000000	0,08	0,16
14-INSU-ZAY	MANTA ASFALTICA	MAT.	M	0,100000	38,00	3,80
15-INSU-ZAY	PARABOLT	MAT.	UN	0,250000	0,20	0,05
17-INSU-ZAY	PARAFUSO SEXTAVADO FLANGEADO PONTA BROCA AUTO ATARRAXANTE 4,8X19	MAT.	UN	0,800000	0,09	0,07
19-INSU-ZAY	PINO PARA PISTOLA FINCA PINO	MAT.	UN	0,250000	0,19	0,05
20-INSU-ZAY	POLVORA PARA PISTOLA FINCA PINO	MAT.	UN	0,250000	0,18	0,05
21-INSU-ZAY	PISTOLA FINCA PINO FAI 75	EQ.LOC	MES	0,002000	350,00	0,70
PREÇO (mão-de-obra):					1,73	
PREÇO (material):					12,15	
PREÇO TOTAL (unit.):					13,87	
LS(%): 110,00						1,90
BDI(%): 28,00						4,42
ADM(%): 0,00						0,00
TOTAL TAXA:						6,31
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):						20,18
QUANTIDADE:						1.490,90
PREÇO TOTAL (c/ taxa):						30.092,80

Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

Tabela 7 - CPU - PAREDES AUTO-PORTANTES - 2º PAVIMENTO E DEMAIS

07-SERV-ZAY	PAREDES AUTO - PORTANTES - 2º PAV OU MAIS	SER.CG	KG			
08-INSU-ZAY	Montador de Steel Frame	M.O.	H	0,050000	17,50	0,88
09-INSU-ZAY	Ajudante de montador de steel frame	M.O.	H	0,085000	10,00	0,85
12-INSU-ZAY	PERFIS DE AÇO DOBRADOS A FRIO PARA ESTRUTURA EM LSF	MAT.	KG	1,100000	7,20	7,92
13-INSU-ZAY	REBITE DE AÇO DE REPUXO 4,8X10	MAT.	UN	2,000000	0,08	0,16
16-INSU-ZAY	PARAFUSO DE ENTREPISO - SEXTAVADO FLANGEADO PONTA BROCA Nº 3 C/ ARRUELA 12X 2.1/2	MAT.	UN	0,250000	0,10	0,03
17-INSU-ZAY	PARAFUSO SEXTAVADO FLANGEADO PONTA BROCA AUTO ATARRAXANTE 4,8X19	MAT.	UN	0,800000	0,09	0,07
PREÇO (mão-de-obra):						1,73
PREÇO (material):						8,18
PREÇO TOTAL (unit.):						9,90
LS(%): 110,00						1,90
BDI(%): 28,00						3,30
ADM(%): 0,00						0,00
TOTAL TAXA:						5,20
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):						15,10
QUANTIDADE:						912,92
PREÇO TOTAL (c/ taxa):						13.788,16

Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

8.2. Laje

As composições apresentadas a seguir referem-se a execução de laje com treliças em LSF e cobertas com OSB (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8 - CPU - LAJE DE ENTREPISO COM TRELIÇAS EM LSF

06-SERV-ZAY	Laje de entrepiso em LSF	SER.CG	KG			
08-INSU-ZAY	Montador de Steel Frame	M.O.	H	0,050000	17,50	0,88
09-INSU-ZAY	Ajudante de montador de steel frame	M.O.	H	0,085000	10,00	0,85
12-INSU-ZAY	PERFIS DE AÇO DOBRADOS A FRIO PARA ESTRUTURA EM LSF	MAT.	KG	1,010000	7,20	7,27
13-INSU-ZAY	REBITE DE AÇO DE REPUXO 4,8X10	MAT.	UN	2,000000	0,08	0,16
17-INSU-ZAY	PARAFUSO SEXTAVADO FLANGEADO PONTA BROCA AUTO ATARRAXANTE 4,8X19	MAT.	UN	0,500000	0,09	0,05
18-INSU-ZAY	PARAFUSO FLANGEADO PHILLIPS PONTA BROCA AUTO ATARRAXANTE 4,8X19	MAT.	UN	0,500000	0,09	0,05
PREÇO (mão-de-obra):						1,73
PREÇO (material):						7,52
PREÇO TOTAL (unit.):						9,25
LS(%): 110,00						1,90
BDI(%): 28,00						3,12
ADM(%): 0,00						0,00
TOTAL TAXA:						5,02
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):						14,26
QUANTIDADE:						1.355,86
PREÇO TOTAL (c/ taxa):						19.341,29

Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

Tabela 9 - CPU - PISO OSB 18,3 MM P&B

03-SERV-ZAY	Laje seca de OSB P&B 18,3mm	SER.CG	M2			
01270.0.19.1	Carpinteiro	M.O.	H	1,000000	4,58	4,58
01270.0.4.1	Ajudante de carpinteiro	M.O.	H	0,500000	3,27	1,64
01-INSU-ZAY	OSB HOME PLUS MDI M&F 18,3X1200X2400	MAT.	M2	1,300000	18,90	24,57
02-INSU-ZAY	PARAFUSO PONTA BROCA 4,8X45MM	MAT.	UN	15,000000	0,06	0,90
03-INSU-ZAY	BANDA ACÚSTICA 5MM	MAT.	M2	0,400000	15,33	6,13
04-INSU-ZAY	SUBCOBERTURA	MAT.	RL	0,030000	111,82	3,35
PREÇO (mão-de-obra):					6,22	
PREÇO (material):					34,96	
PREÇO TOTAL (unit.):					41,17	
LS(%): 110,00					6,84	
BDI(%): 28,00					13,44	
ADM(%): 0,00					0,00	
TOTAL TAXA:					20,28	
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):					61,45	
QUANTIDADE:					22,50	
PREÇO TOTAL (c/ taxa):					1.382,63	

Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

8.3. Trelças e tesouras do telhado

A composição unitária de preço para fornecimento, montagem e fixação de trelças e tesouras para telhado em LSF estão indicados abaixo (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10 - CPU - TRELIÇAS EM LSF PARA TELHADO

11-SERV-ZAY	TRELIÇAS EM LSF PARA TELHADO	SER.CG	KG			
08-INSU-ZAY	Montador de Steel Frame	M.O.	H	0,050000	17,50	0,88
09-INSU-ZAY	Ajudante de montador de steel frame	M.O.	H	0,085000	10,00	0,85
12-INSU-ZAY	PERFIS DE AÇO DOBRADOS A FRIO PARA ESTRUTURA EM LSF	MAT.	KG	1,010000	7,20	7,27
13-INSU-ZAY	REBITE DE AÇO DE REPUXO 4,8X10	MAT.	UN	4,000000	0,08	0,32
17-INSU-ZAY	PARAFUSO SEXTAVADO FLANGEADO PONTA BROCA AUTO ATARRAXANTE 4,8X19	MAT.	UN	0,400000	0,09	0,04
18-INSU-ZAY	PARAFUSO FLANGEADO PHILLIPS PONTA BROCA AUTO ATARRAXANTE 4,8X19	MAT.	UN	0,600000	0,09	0,05
PREÇO (mão-de-obra):					1,73	
PREÇO (material):					7,68	
PREÇO TOTAL (unit.):					9,41	
LS(%): 110,00					1,90	
BDI(%): 28,00					3,17	
ADM(%): 0,00					0,00	
TOTAL TAXA:					5,06	
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):					14,47	
QUANTIDADE:					130,02	
PREÇO TOTAL (c/ taxa):					1.881,36	

Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

Tabela 11 - CPU - TESOURA PARA TELHADO EM LSF

08-SERV-ZAY	TESOURAS EM LSF	SER.CG	KG			
08-INSU-ZAY	Montador de Steel Frame	M.O.	H	0,050000	17,50	0,88
09-INSU-ZAY	Ajudante de montador de steel frame	M.O.	H	0,085000	10,00	0,85
12-INSU-ZAY	PERFIS DE AÇO DOBRADOS A FRIO PARA ESTRUTURA EM LSF	MAT.	KG	1,010000	7,20	7,27
13-INSU-ZAY	REBITE DE AÇO DE REPUXO 4,8X10	MAT.	UN	2,000000	0,08	0,16
16-INSU-ZAY	PPARAFUSO DE ENTREPISO - SEXTAVADO FLANGEADO PONTA BROCA Nº 3 C/ ARRUELA 12X 2.1/2	MAT.	UN	0,250000	0,10	0,03
17-INSU-ZAY	PARAFUSO SEXTAVADO FLANGEADO PONTA BROCA AUTO ATARRAXANTE 4,8X19	MAT.	UN	0,080000	0,09	0,01
PREÇO (mão-de-obra):						1,73
PREÇO (material):						7,46
PREÇO TOTAL (unit.):						9,19
LS(%): 110,00						1,90
BDI(%): 28,00						3,10
ADM(%): 0,00						0,00
TOTAL TAXA:						5,00
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):						14,19
QUANTIDADE:						147,74
PREÇO TOTAL (c/ taxa):						2.096,57

Fonte: Arquivo Záyra Arquitetura e Engenharia

8.4. PAINEIS DO TELHADO

As composições unitárias para telhado em LSF estão indicados abaixo (Tabela 12). Estes painéis ficam no lugar dos caibros e das terças.

Tabela 12 - CPU - PAINEIS PARA TELHADO EM LSF

25-SERV-ZAY	PAINEIS DO TELHADO EM LSF	SER.CG	KG			
08-INSU-ZAY	Montador de Steel Frame	M.O.	H	0,050000	18,25	0,91
09-INSU-ZAY	Ajudante de montador de steel frame	M.O.	H	0,085000	12,00	1,02
12-INSU-ZAY	PERFIS DE AÇO DOBRADOS A FRIO PARA ESTRUTURA EM LSF	MAT.	KG	1,100000	7,20	7,92
13-INSU-ZAY	REBITE DE AÇO DE REPUXO 4,8X10	MAT.	UN	2,000000	0,08	0,16
16-INSU-ZAY	PPARAFUSO DE ENTREPISO - SEXTAVADO FLANGEADO PONTA BROCA Nº 3 C/ ARRUELA 12X 2.1/2	MAT.	UN	0,250000	0,10	0,03
17-INSU-ZAY	PARAFUSO SEXTAVADO FLANGEADO PONTA BROCA AUTO ATARRAXANTE 4,8X19	MAT.	UN	0,800000	0,09	0,07
PREÇO (mão-de-obra):						1,93
PREÇO (material):						8,18
PREÇO TOTAL (unit.):						10,11
LS(%): 110,00						2,13
BDI(%): 28,00						3,43
ADM(%): 0,00						0,00
TOTAL TAXA:						5,55
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):						15,66
QUANTIDADE:						280,00
PREÇO TOTAL (c/ taxa):						4.385,11

Fonte: Arquivo Záyra Arquitetura e Engenharia

8.5. CHAPEAMENTO DE PAREDES DE GESSO

As composições unitárias de preço para serviço de aplicação de chapas de gesso acartonado sobre estrutura de LSF para os ambientes onde as paredes recebem água e utiliza-se chapas de gesso resistentes a umidade (RU) estão indicados abaixo (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13 - CPU - CHAPEAMENTO DE GESSO ACARTONADO STANDARD SOBRE PAREDES EM LSF

16-SERV-ZAY	Chapeamento de gesso acartonado em paredes internas áreas secas	SER.CG	M2			
10-INSU-ZAY	GESSEIRO	M.O.	H	0,300000	15,00	4,50
11-INSU-ZAY	Ajudante de gesso	M.O.	H	0,450000	8,75	3,94
28-INSU-ZAY	PAINEL ST 1,20 X 2,40	MAT.	M2	1,100000	10,17	11,19
30-INSU-ZAY	PARAFUSO GN25 AGULHA ANCORA CX 1000	MAT.	UN	15,000000	0,02	0,30
31-INSU-ZAY	MASSA CONSTRUCRIL 30 KGS	MAT.	KG	1,110000	1,50	1,67
32-INSU-ZAY	FITA PAPEL 150M	MAT.	M	2,090000	0,13	0,27
PREÇO (mão-de-obra):						8,44
PREÇO (material):						13,42
PREÇO TOTAL (unit.):						21,86
LS(%): 110,00						9,28
BDI(%): 28,00						8,72
ADM(%): 0,00						0,00
TOTAL TAXA:						18,00
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):						39,86
QUANTIDADE:						82,95
PREÇO TOTAL (c/ taxa):						3.306,58

Fonte: Arquivo Zarya Arquitetura e Engenharia

Tabela 14 - CPU - CHAPEAMENTO DE GESSO ACARTONADO RU SOBRE PAREDES EM LSF

17-SERV-ZAY	Chapeamento de gesso acartonado RU em paredes internas áreas molhadas	SER.CG	M2			
10-INSU-ZAY	GESSEIRO	M.O.	H	0,300000	15,00	4,50
11-INSU-ZAY	Ajudante de gesso	M.O.	H	0,450000	8,75	3,94
29-INSU-ZAY	PAINEL RU 1,20 X 2,40	MAT.	M2	1,100000	13,70	15,07
30-INSU-ZAY	PARAFUSO GN25 AGULHA ANCORA CX 1000	MAT.	UN	15,000000	0,02	0,30
31-INSU-ZAY	MASSA CONSTRUCRIL 30 KGS	MAT.	KG	1,110000	1,50	1,67
32-INSU-ZAY	FITA PAPEL 150M	MAT.	M	2,090000	0,13	0,27
PREÇO (mão-de-obra):						8,44
PREÇO (material):						17,31
PREÇO TOTAL (unit.):						25,74
LS(%): 110,00						9,28
BDI(%): 28,00						9,81
ADM(%): 0,00						0,00
TOTAL TAXA:						19,09
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):						44,83
QUANTIDADE:						39,00
PREÇO TOTAL (c/ taxa):						1.748,47

Fonte: Arquivo Zarya Arquitetura e Engenharia

8.6. CHAPEAMENTO OSB

Não existe a necessidade estrutural de utilizar OSB nas duas faces das paredes. Porém, nas paredes em que se tem a necessidade de pendurar objetos extremamente pesados, pode-se usar OSB 9,00mm nas faces internas é preciso considerar que um parafuso em uma placa de gesso acartonado suporta sozinho até 10 KG.

A seguir, tem-se as composições para serviço de chapeamento de OSB interno e externo em paredes de LSF (Tabelas 15 e 16). Nas paredes externas, considera-se a aplicação de membrana de vapor.

Tabela 15 - CPU - CHAPEAMENTO OSB 11,1 MM PAREDE EXTERNA

13-SERV-ZAY	Chapeamento de OSB 11,1mm em paredes Externas	SER.CG	M2			
01.001.000003.MOD	Ajudante de carpinteiro	M.O.	H	0,300000	3,27	0,98
01.007.000001.MOD	Carpinteiro	M.O.	H	0,450000	4,58	2,06
07-INSU-ZAY	Parafuso PB 032 Rusper	MAT.	UN	15,000000	0,07	1,05
23-INSU-ZAY	MEMBRANA 2740X30480 mm	MAT.	M2	1,400000	2,90	4,06
24-INSU-ZAY	OSB HOME PLUS MDI 11,1X1200X2400	MAT.	M2	1,400000	11,10	15,54
25-INSU-ZAY	PERFIL CARTOLA	MAT.	M	0,300000	5,80	1,74
PREÇO (mão-de-obra):						3,04
PREÇO (material):						22,39
PREÇO TOTAL (unit.):						25,43
LS(%): 110,00						3,35
BDI(%): 28,00						8,06
ADM(%): 0,00						0,00
TOTAL TAXA:						11,40
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):						36,84
QUANTIDADE:						477,34
PREÇO TOTAL (c/ taxa):						17.583,34

Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

Tabela 16 - CPU - CHAPEAMENTO OSB 9,0 MM PAREDE INTERNAS

14-SERV-ZAY	Chapeamento de OSB 9,0mm em paredes internas	SER.CG	M2			
01.001.000003.MOD	Ajudante de carpinteiro	M.O.	H	0,450000	3,27	1,47
01.007.000001.MOD	Carpinteiro	M.O.	H	0,300000	4,58	1,37
07-INSU-ZAY	Parafuso PB 032 Rusper	MAT.	UN	15,000000	0,07	1,05
22-INSU-ZAY	OSB HOME PLUS MDI 9,5X1200X2400	MAT.	M2	1,400000	9,90	13,86
25-INSU-ZAY	PERFIL CARTOLA	MAT.	M	0,300000	5,80	1,74
PREÇO (mão-de-obra):						2,85
PREÇO (material):						16,65
PREÇO TOTAL (unit.):						19,50
LS(%): 110,00						3,13
BDI(%): 28,00						6,34
ADM(%): 0,00						0,00
TOTAL TAXA:						9,47
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):						28,96
QUANTIDADE:						30,00
PREÇO TOTAL (c/ taxa):						868,82

Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

8.7. CHAPEAMENTO PLACAS CIMENTÍCIAS

Ao fazer o chapeamento de placas cimentícias em paredes externas, é preciso considerar os tratamentos das juntas das placas. No mercado, existem vários fornecedores e cada uma das placas possui um tratamento diferente. A composição unitária de preços apresentada abaixo (Tabela 17) refere-se ao sistema BASE COAT, da Profort.

Tabela 17 - CPU - CHAPEAMENTO DE PLACA CIMENTICIA 8MM

15-SERV-ZAY	Chapeamento placas cimenticias 8mm paredes externas	SER.CG	M2			
06-INSU-ZAY	Massa Profort B C system - 20 KG	MAT.	KG	2,3000000	4,00	9,20
07-INSU-ZAY	Parafuso PB 032 Rusper	MAT.	UN.	15,0000000	0,07	1,05
10-INSU-ZAY	GESSEIRO	M.O.	H	0,3000000	15,00	4,50
11-INSU-ZAY	Ajudante de gesso	M.O.	H	0,4500000	8,75	3,94
26-INSU-ZAY	Fita Junta 10cm x 50 m Profort B C system	MAT.	M	2,0900000	1,08	2,26
27-INSU-ZAY	Tela de fibra 1m x 50 m Profort B C system	MAT.	M2	1,0500000	7,30	7,67
45-INSU-ZAY	Placa cimenticia Profort 8 mm	MAT.	M2	1,0500000	20,91	21,96
PREÇO (mão-de-obra):						8,44
PREÇO (material):						42,13
PREÇO TOTAL (unit.):						50,57
LS (%): 110,00						9,28
BDI (%): 28,00						16,76
ADM (%): 0,00						0,00
TOTAL TAXA:						26,04
PREÇO TOTAL UNIT. (c/ taxa):						76,60
QUANTIDADE						376,00
PREÇO TOTAL (c/ taxa):						28802,90

Fonte: Arquivo Záyra Arquitetura e Engenharia

9.0. COMPARAÇÃO DE CUSTOS UNTÁRIOS BÁSICO

Quando se trata de qualquer inovação, o principal questionamento inicial refere-se sobre a viabilidade financeira. A seguir, apresentam-se os valores médios praticados para construções em LSF, fornecidos pela empresa Zárya.

Conforme observado, mesmo o CUB não considerando vários itens, tais como fundações, impostos, remuneração do construtor e remuneração do incorporados, os valores ainda assim são próximos.

Segundo a construtora, Zárya Arquitetura e Engenharia (2014), o preço de construção em LSF para residência unifamiliares localizadas no DF, considerando BDI de 25% e Leis sociais de 110%, tem-se os seguintes custos por metro quadrado de área construída (Tabela 18).

Tabela 18 - Custo de construção em LSF empresa Zárya Arquitetura e Engenharia

TIPO DE EDIFICAÇÃO	VALOR DE CONSTRUÇÃO POR M ²
PADRÃO POPULAR	R\$ 1.250,00
PADRÃO MÉDIO	R\$ 1.600,00
PADRÃO ALTO	R\$ 1.900,00

Fonte: Arquivo Zárya Arquitetura e Engenharia

A seguir, tem-se os valores do CUB/m² do DF fornecido pelo SINDUSCON para o mês de março de 2014, para obras em concreto armado e alvenaria de blocos cerâmicos. Vale ressaltar que nestes valores não estão inclusos BDI, fundações, impostos e taxas (Tabela 19).

Tabela 19 - CUB/M² do DF

TIPO DE EDIFICAÇÃO	VALOR DE CONSTRUÇÃO POR M ²
PADRÃO POPULAR	R\$ 1.068,99
PADRÃO MÉDIO	R\$ 1.278,15
PADRÃO ALTO	R\$ 1.526,51

Fonte: SINDUSCON - DF

Aplicando o mesmo BDI apresentado pela empresa (25%), tem-se o valor de construção estimado por m² (Tabela 20).

Tabela 20 - CUB/M² do DF com BDI de 25%

TIPO DE EDIFICAÇÃO	VALOR DE CONSTRUÇÃO POR M ²
PADRÃO POPULAR	R\$ 1.336,24
PADRÃO MÉDIO	R\$ 1.636,03
PADRÃO ALTO	R\$ 1.953,93

Os resultados permitem afirmar que existe viabilidade financeira para os sistemas construtivos em LSF.

10. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Este trabalho possibilitou investigar os aspectos de projeto, execução, detalhamentos e estimativa de custo relativos ao sistema construtivo em Light Steel Frame como realidade de tecnologia construtiva, e não mais uma alternativa apenas.

O Brasil apresenta um campo promissor para o desenvolvimento e aplicação dos sistemas estruturais em LSF: grande déficit habitacional e elevada capacidade de produção de aço.

Os sistemas estruturais em Light Steel Frame apresenta inúmeras vantagens em relação aos demais sistemas, porém é necessário um completo entendimento sobre as etapas do sistema e características dos materiais envolvidos, principalmente por parte dos profissionais envolvidos (arquitetos e engenheiros) e clientes. A falta de domínio técnico desta tecnologia pode resultar em uma solução arquitetônica incompatível com o sistema estrutural.

Dentre os objetivos propostos, pode-se concluir que o sistema construtivo em LSF é viável economicamente em aplicações de residências unifamiliares, desde que sejam atendidas as exigências técnicas específicas de projeto e execução.

Para complementar este assunto, sugere-se ainda os seguintes trabalhos:

- Estudo estrutural relativo a limitação de pavimentos do sistema LSF
- Consequências e soluções para corrosões galvânicas, nas interfaces entre o aço zincado e os demais.
- Comparativo físico e financeiro entre montagem de painéis “in locu” ou na indústria.
- Técnicas de tratamento de placas cimentícias, eficiência e custo.
- Light Steel Frame, como solução para expansões em edificações.
- Comparativo entre estruturas de concreto armado, aço convencional e LSF, na questão de formatação dos esforços e quantidade.

11.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____.**NBR 8800**. Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios. 1986.

_____.**AISI**. Specification for the Design of Col-Formed Steel Structural Members. 1996.

_____. **NASFA**. Prescriptive Method for Residential Cold-Formed Steel Framing. 2000.

_____. **NASFA**. Low-Rise Residential Construction. 2000.

_____.**NBR 14762**. Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento. 2001.

_____. **NBR 6355**. Perfis Estruturais, de Aço, Formados a Frio – Padronização. 2003.

_____.**NBR 15.253**. Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações – Requisitos Gerais. 2005.

_____.**NBR 15.217**. Perfis de aço para sistemas de gesso acartonado – Requisitos. 2009.

CBCA (Trad.). Guia do Construtor em Steel Framing. Washington: Cbca, 1996. 29 p.

SILVA, Maristela Gomes da; SILVA, Vanessa Gomes da. PAINÉIS DE VEDAÇÃO. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004. 59 p

VELJKOVIC, Milan; JOHANSSON, Bernt. Light steel framing for residential buildings. Thin-walled Structures, Luled, p.1272-1279, jan. 2006.

RODRIGUES, Francisco Carlos. Steel Framing: engenharia. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. 127 p.

ALLEN, Don. History of Cold Formed Steel. Structure Magazine, Pensilvania, p.28-32, nov. 2006.

BRANDÃO, André Luís Riqueira. Segurança de estruturas em perfis formados a frio. 2007. 148 f. Dissertação (Pós - Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas, Ouro Preto, 2007. Disponível em: <<http://www.propec.ufop.br/upload/tese132.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2014.

CASTRO, Eduardo Munhoz de Lima. Light Steel Framing para uso em habitações. Construção Metálica, Mato Grosso do Sul, p.22-26, 2007.

KOKKE, Alexandre. O uso do sistema light steel framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural. 2008. 153 f. Dissertação (Pós - Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas, Ouro Preto, 2008. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2248/1/DISSERTAÇÃO_UsoSistemaLightSteel.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2014.

OLIVEIRA, Luciana Alves de; WAELKENS, Anne Catherine; MITIDIÉRI FILHO, Claudio Vicente. Sistemas construtivos tipo light steel frame para unidades habitacionais – aspectos relativos à durabilidade. Revista Técnica, Brasil, p.1-4, nov. 2011. Semanal.

CICHINELLI, Gisele. Instalações em Steel Frame. Equipe de Obra, Brasil, p.1-4, ago. 2012. Semanal.

SILVA, Fernando Benigno da. Sistema construtivo a seco – Light Steel Frame. Técnica, Brasil, p.1-3, jul. 2013. Semanal.

SILVA, Fernando Benigno da. Light Steel Frame e fechamento em OSB revestido com siding vinílico. Técnica, Brasil, p.4-11, jul. 2013. Semanal.